



7
621.315

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

Ubicacion y Tamaño optimo de
Bancos de Capacitores en Sis_
temas Radiales de Potencia.

TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRICIDAD

PRESENTADA POR
Gonzalo Moreira D

GUAYAQUIL - ECUADOR

1981 — 1982

AGRADECIMIENTO

AL ING. JORGE CHIRIBOGA
Director de Tesis, por
su ayuda y colaboración
para la realización de
este trabajo:

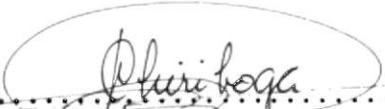
DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI HERMANA

A MI ESPOSA

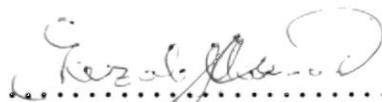
A MIS HIJAS


~~ING. JORGE CHIRIBOGA~~
Director de Tesis

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas
expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamen
te; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la -
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la
ESPOL).



.....

GONZALO MOREIRA DUEÑAS

R E S U M E N

El objetivo, es la determinación de la localización y tamaño óptimo de Capacitores en Sistemas Radiales de Potencia.

El Programa dará como resultado la distancia y capacidad del Banco tanto para carga Mínima como Máxima, graficando el perfil de Voltaje de la Alimentadora Principal en los dos casos, analizando la existencia de Bancos de operación fijos y automáticos.

Se desarrollará una evaluación económica de la utilización de Bancos de Capacitores en Sistemas de Potencia.

I N D I C E G E N E R A L

	Pág.
RESUMEN	I
INTRODUCCION	1
I FUNDAMENTOS TEORICOS	3
1.1. Construcción de Capacitores	3
1.2. Aplicación de Capacitores Shunt	4
1.2.1. Reducción de la componente Inductiva de la co- rriente	6
1.2.2. Mejora del Voltaje de carga	7
1.2.3. Reducción de las pérdidas en KW (I^2R)	10
1.2.4. Reducción de las pérdidas (i^2X)	11
1.2.5. Incremento del Factor de Potencia	12
1.3. Limitaciones en la caída de Voltaje	14
1.4. Instalación Automática de Bancos de Capacitores	16
II EVALUACION ECONOMICA	28
2.1. Economía de Energía	28
2.2. El Valor de Incrementar el Voltaje	28
2.3. Justificación económica de ubicación de capacitores en alimentadoras subterráneas	29
2.4. Comparación económica para sistema de control de vol- taje entre capacitores y reguladores de voltaje	35

	Pág.
III PROGRAMA DE COMPUTACION PARA DETERMINAR EL TAMAÑO Y UBICACION OPTIMA DE BANCOS DE CAPACITORES EN SISTEMAS DE POTENCIA Y GRAFICO DEL PERFIL DE VOLTAJE EN LA ALIMENTADORA PRINCIPAL	39
3.1. Introducción	39
3.2. Diseño del Programa	41
3.3. Desarrollo del Programa	48
3.4. Detalle y Explicación de Cálculos	51
3.5. Ejemplo de aplicación	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
APENDICES	106
BIBLIOGRAFIA	132

INTRODUCCION

Este Trabajo Teórico Práctico se escribió en respuesta a la importancia que tiene en sí para el Autor de este Tema, en el cual se encuentra interesantes Capítulos que están orientados a las condiciones, problemas y opiniones que he considerado las más apropiadas y precisas y que han resultado de un valor incalculable, y son en gran parte responsables del hecho de esta Tesis.

El Autor sabe bien que hay excelentes trabajos en la Rama Eléctrica, particularmente en lo que se refiere a Bancos de Capacitores y no pretende que el presente trabajo vaya a ser necesariamente mejor o más rico que los que ya se han escrito.

Sin embargo me considero sumamente afortunado de haber podido contar con la colaboración del Señor Ingeniero Jorge Chiriboga, Director de esta Tesis, quien hizo posible éste producto final.

En lo que respecta a la presentación del material, se puede considerar que en su primer Capítulo, cubre los aspectos fundamentales sobre la Localización y Tamaño Optimo de Capacitores en Sistemas Radiales de Potencia.

El segundo Capítulo trata sobre la Evaluación Económica de Energía. En su parte final, Capítulo tercero trata sobre el Programa de Computación

para determinar el Tamaño Optimo de Bancos de Capacitores en Sistemas de Potencia y Gráfico del Perfil de Voltaje en la Alimentadora Principal.

Para completar ésta tarea el Autor tuvo la fortuna de contar con interesantes Téxtos actualizados que hicieron posible la elaboración de esta realidad.

I FUNDAMENTOS TEORICOS

1.1. CONSTRUCCION DE CAPACITORES

Las partes activa de capacitores de potencia son construídas de papel, láminas metálicas y la impregnación de líquidos. Muchos capacitores de potencia son construídos con 2 láminas de aluminio puro separadas por 3 o más capas de papel maleables e impregnado con un compuesto de hidrocarburo clorificado aromático.

Las capas de papel están en el rango de 5/10.000 a 25/10.000 pulgadas de espesor. Control de calidad extremado es usado para limitatar el número de partículas de conducción por unidad de área y mantener la densidad y porocidad del papel en límites aceptables. El espesor de las láminas de aluminio es usualmente 25/10.000 a 35/10.000 pulgadas.

El aluminio y el papel son colocados dentro de cilindros con muchos piés cuadrado de dieléctrico activo en cada cilindro, son comprimidos en una forma rectangular e insertados en la caja del capacitor. El ensambleje del capacitor incluye marcación de conexiones internas, inserción de resistencias de descarga, evacuación en un horno para remover suciedades, relleno con impregnación de líquidos, unión de terminales y terminación del tanque. Capacitores secundarios son similares aunque en algunos casos son de tanques cilíndricos.

1.2. APLICACION DE CAPACITORES SHUNT

La función de un capacitor shunt aplicado como una sola unidad o un grupo de unidades es el suministrar kilovars en retraso al sistema en el punto donde ellos son conectados. Un capacitor shunt tiene el mismo efecto como un condensador síncrono, generador o motor sobre excitado. Este suministra la cantidad de kilovars o corriente para contrarrestar la componente de corriente desfasada requerida por un motor de inducción fig. 1.2.1

Capacitores shunt conectados en la última carga de un circuito, suministra una carga de factor de potencia en retraso que tendrá diversos efectos, uno o más de los cuales que pueden ser la razón para la aplicación:

- a) Reduce la componente inductiva de la corriente,
- b) Mejora el nivel de voltaje en la carga,
- c) Reduce las pérdidas de kilovatios (I^2R), debido a la reducción de corriente,
- d) Reduce las pérdidas de kilovars (I^2X), debido a la reducción de corriente,
- e) Mejora el factor de potencia de la fuente de generación,
- f) Mejora la regulación de voltaje si las unidades son debidamente conectadas.
- g) Disminuye los kilovoltio-amperios de carga sobre la fuente de generación y circuitos, suprimiendo la conducción de sobrecarga o permitiendo capacidad para aumento de carga adicional.

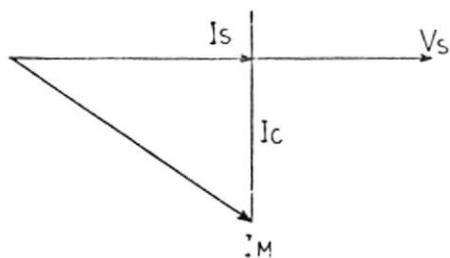
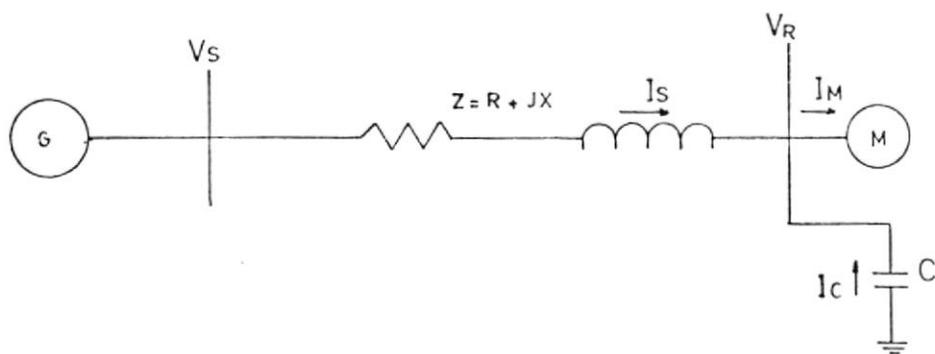


FIG 1.2.1. SUMINISTRO DE KVAR POR CAPACITOR SHUNT(C) A UN MOTOR DE INDUCCION (M)

- h) Por reducción de los kilovoltio-amperios de carga sobre la fuente de generación, carga adicional en kilovatios puede ser conectada a los generadores si la capacidad de la turbina lo permite,
- i) Reduce los kilovoltio-amperios de la demanda, la corrección a factor de potencia unidad puede ser económico en algunos casos,
- j) Reduce la inversión en sistemas por kilovatios de carga suministrada.

1.2.1 REDUCCION DE LA COMPONENTE INDUCTIVA DE LA CORRIENTE

El flujo de la corriente inductiva causado por las cargas de los usuarios conduce en caso de ser excesivos, al uso insuficiente de los generadores, transformadores, líneas e interruptores que componen los sistemas de las empresas eléctricas destinadas a servir a dichos usuarios. Esa insuficiencia sugiere reducir ese flujo por medios adecuados.

La aplicación de capacitores disminuye la corriente conducida por el circuito desde la fuente hasta el último punto, ya que los capacitores suministran los Vars requeridos por la carga y la fuente suministrará los vatios. Para una carga constante en el sistema, al conectar varios capacitores permitirá incrementar cargas.

El suministro de potencia a una carga inductiva, tal como un motor, es realizado por la componente real de potencia (KW), y la componente reactiva en retraso de la potencia (KVAR),

$$KVA = \sqrt{(KW)^2 + (KVARs)^2}$$

Los capacitores shunt son fuentes de potencia reactiva en adelanto, cuando son conectados al sistema, los kvars reactivos requeridos de la fuente se reducirán en la siguiente cantidad:

$$KVAR\ 2 = KVARs\ 1 - KVAR\ C$$

Donde:

KVAR 1 = KVARs requeridos por la carga sin capacitores

KVAR 2 = KVARs requeridos por la carga con capacitores

KVAR C = KVARs del banco de capacitores.

1.2.2. MEJORA DEL VOLTAJE EN LA CARGA

La caída de voltaje debido a la componente reactiva expresada como un porcentaje de la caída total, para muchos propósitos el porcentaje de caída de voltaje debido a la componente real de potencia de la carga puede ser determinada como sigue:

$$V_{ER} = \frac{KVA * R * \text{Cos}\theta}{10 * (KV)^2}$$

$$V_{EX} = \frac{KVA * X * \text{Sen}\theta}{10 * (KV)^2}$$

Donde:

V_{ER} = Porcentaje de caída debido a la componente real de potencia.

V_{EX} = Porcentaje de caída debido a la componente reactiva de potencia.

KVA = Potencia de la carga.

R = Resistencia en Ω de línea

X = Reactancia en Ω de la línea

θ = Angulo del factor de potencia

KV = Voltaje en el extremo receptor de la línea

Para determinar la caída total relativa a la carga total en amperios nos dá:

$$V_T = IR \cos\theta + IX \sin\theta$$

$$V_T = RI_R + XI_X$$

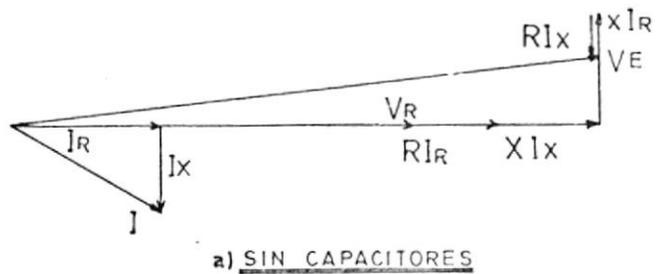
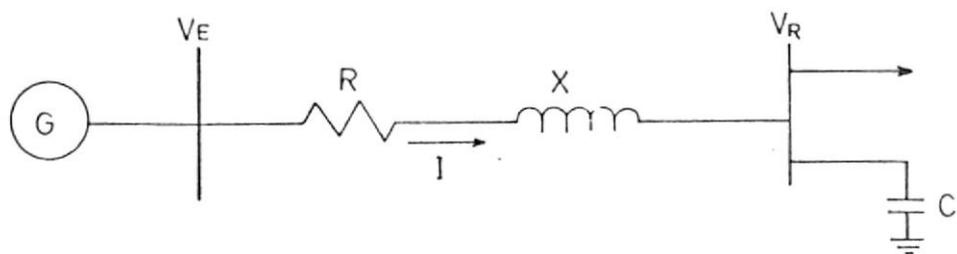
Donde:

I_R = Corriente activa

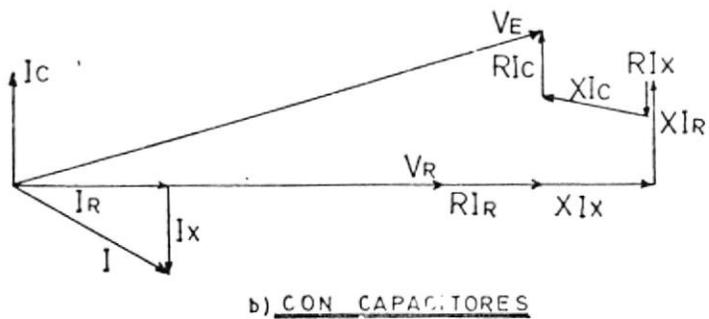
I_I = Corriente reactiva

Al conectar un banco de capacitores en el extremo de recepción de la línea fig. 1.2.2.1., la caída de voltaje disminuye o el voltaje en la carga aumenta. La caída de voltaje actual será en forma aproximada.

$$V_T = RI_R + XI_X - XI_C$$



a) SIN CAPACITORES



b) CON CAPACITORES

FIG. 1.2.2.1. INFLUENCIA EN LA CAIDA DE VOLTAJE DE BANCO DE CAPACITORES

Donde I_C es la corriente proporcionada por el banco de capacitores. Esta expresión nos indica que si I_C se hace suficientemente grande, ambas RI_R y XI_X pueden ser neutralizadas.

1.2.3. REDUCCION DE LAS PERDIDAS EN KW (I^2R).

Las pérdidas de potencia tiene dos componentes, las pérdidas de potencia real y las pérdidas de potencia reactivas. Los capacitores afectan solamente a la potencia reactiva, la reducción de pérdidas obtenidas por la aplicación de capacitores es causada por la componente reactiva de potencia. Esta componente de pérdidas de potencia puede ser calculada para cualquier carga dada por la ecuación.

$$PR = PR_1 - PR_2$$

$$PR = I_I^2 R - (I_I - I_C)^2 R = 2I_C I_I R - I_C^2 R \text{ (Watts)}$$

$$PR_1 > PR_2$$

Donde:

PR_1 = Pérdidas de potencia real, antes de la ubicación de bancos capacitores (KW)

PR_2 = Pérdidas de potencia real, después de la ubicación de bancos capacitores (KW)

I_I = Componente reactiva de la corriente de carga sin capacitores (A)

I_C = Corriente del banco de capacitores (A)

R = Resistencia en Ω del circuito desde la fuente al banco de capacitores (Ω)

Si en la expresión anterior utilizamos corriente de carga máxima se obtiene la máxima reducción de pérdida.

Si se desea los kwh la corriente I_I debe ser el promedio en algún período de tiempo y luego será la multiplicación por el número de horas del período de tiempo en consideración.

1.2.4. REDUCCION DE LAS PERDIDAS ($I^2 X$) KVAR

La corrección del factor de potencia por medio de capacitores shunt, reducen las pérdidas de potencia en el sistema entre los capacitores y la fuente para una carga dada. La reducción de pérdida se considera como:

$$PX = PX_1 - PX_2$$

$$PX = I_I^2 X - (I_I - I_C)^2 X = 2I_C I_I X - I_C^2 X \quad (\text{Watts})$$

$$PX_1 > PX_2$$

Donde:

PX_1 = Pérdida de potencia reactiva antes de instalarse el banco de capacitores.

PX_2 = Pérdida de potencia reactiva después de instalarse el banco de capacitores.

X = Reactancia en Ω del circuito desde la fuente al banco de capacitores.

Cuando se tiene un sistema radial simple entre la fuente y la carga puede calcularse fácilmente la reducción de pérdidas.

En los casos diferentes, cuando existen cargas entre los capacitores y la fuente es necesario considerar por secciones en forma individual y calcular la reducción en cada sección, utilizando la corriente reactiva de carga y la resistencia y reactancia en la sección particular. La reducción total será la suma de las reducciones en la secciones.

1.2.5. INCREMENTO DEL FACTOR DE POTENCIA

En los últimos tiempos se ha considerado mucho el factor de potencia por los consumidores de energía eléctrica, principalmente los de servicio industrial.

Este interés mayor proviene, obviamente de las ventajas directas de su corrección, teniendo en cuenta las multas aplicadas por las empresas eléctricas a los consumidores con bajo factor de potencia. Además de beneficios evidentes por la reducción del costo mensual de energía eléctrica, una corrección del factor de potencia podrá traer como ventajas técnicas que podrán ser reducidas económicamente sobre otros aspectos y no sólo por multas propiamente dicha.

La corrección del factor de potencia permitirá un mejor aprovechamiento del sistema de distribución con dimensionamiento más económico de equipos y materiales, y una menor caída de tensión en los circuitos.

La relación entre la corriente activa y la corriente total se denomina factor de potencia, que equivale también al coseno del ángulo entre estas corrientes, por tanto:

$$\text{F.P.} = \frac{I_a}{I_T} = \text{Cos}\theta$$

Donde:

$$I_a = \text{Componente activa de } I_T \text{ (A)}$$

$$I_T = \text{Corriente total (A)}$$

Vemos entonces que será posible disminuir la corriente I_T en los circuitos sin reducir la corriente activa I_a , bastando para esto obtener una disminución de la componente reactiva I_I . De este modo se podrá utilizar conductores de menor potencia, etc., y obtener la misma potencia activa con menor inversión.

Es de observar que la corriente I_T , no podrá ser reducida indefinidamente, deberá tener por lo menos un valor igual a la corriente activa, caso en que se tiene un factor de potencia

unitario.

$$(\cos\theta = 1) \text{ con } I_I = 0 \quad I_T = I_a$$

Existen ciertos equipos que por la naturaleza de su funcionamiento exigen una alta porción de corriente reactiva (en relación con la corriente activa).

Tal es el caso de los hornos de Arco, los reactores, los transformadores para soldar etc., que tiene un factor de potencia inherentemente bajo, en la gran mayoría de casos se verifica que la causa fundamental del consumo excesivo de energía reactiva son los motores de inducción operando con carga reducida o en vacío.

Cuando, un motor de inducción y un capacitor están conectados a la misma red, las corrientes reactivas deberán ser sustraídas, una de otra, y obtener una corriente reactiva resultantes, de donde se obtiene una disminución de corriente reactiva y un aumento del factor de potencia.

1.3. LIMITACIONES EN LA CAIDA DE VOLTAJE

En las áreas de utilización de la energía eléctrica los artefactos y motores están diseñados para operar a una tensión determinada y su funcionamiento, es correcto siempre y cuando esta cantidad no varíe en forma considerable, fijándose en cada caso límites de varia-

ción.

Es el caso que las lámparas de mercurio incandescente (luz mixta),. Una tensión de operación menor que la nominal reduce su flujo luminoso y el consumo de las lámparas; con caída de tensión eventuales de más de un 10% de la nominal de las lámparas pueden llegar a dificultar su correcto encendido, en cambio con tensiones excesivas dan lugar a una reducción muy considerable de la vida de la lámpara.

En las lámparas fluorescentes mercuriales y de sodio, una reducción en la tensión afecta el arranque hasta un valor tal que la lámpara no prende si la tensión aplicada es de un 80% de la tensión nominal de operación, en caso de que la tensión sea elevada el balastro sufre un calentamiento excesivo reduciéndose su vida, puede decirse lo mismo de las lámparas de vapor de sodio o de mercurio.

En los equipos de calefacción eléctrica la potencia consumida es directamente proporcional al cuadrado de la tensión de operación, por tanto una tensión inferior a la nominal disminuye en forma considerable la cantidad de calor producido, y una tensión alta reduce en forma considerable la vida del aparato.

En todo equipo electrónico en general está diseñado para operar con una tolerancia en la tensión. Si un equipo opera con una tensión superior a la del diseño se reduce en forma considerable, notándose

en los televisores que una tensión inferior a la de operación produce una reducción en la imagen.

En los motores eléctricos del tipo de inducción que son los más usados en la industria, el par de arranque es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada de tal manera que cuando la tensión de alimentación es baja se reduce en forma considerable al par de arranque y ya en operación la corriente de carga aumenta al disminuir la tensión, con lo que se produce un calentamiento excesivo y se reduce así, su tiempo de vida.

De lo anteriormente expuesto en forma general, se puede observar la importancia que tiene la regulación de tensión en los sistemas eléctricos y en particular en las redes de distribución, por lo que el reglamento nacional para la instalación de acometida de servicio eléctrico en su art. 8 dice:

“Se deberá mantener la regulación de tensión dentro de un margen de variación máximo del 10% compartido arriba y abajo del voltaje nominal, según las características de la empresa”.

Por otra parte cada empresa deberá hacer pública oportunamente las tensiones nominales de servicio y sus límites de regulación.

1.4. INSTALACION AUTOMATICA DE BANCOS DE CAPACITORES

Basicamente los bancos de capacitores son proyectados de acuerdo con el tipo de operación, en fijos, automáticos y manuales.

Los bancos de capacitores fijos son dimensionados en función de la condición de carga mínima, con el objeto de evitar una corrección de tensión exagerada durante las horas en que las cargas disminuyen.

Los bancos de capacitores automáticos son dimensionados en función de pico máximos, desconectados cuando la carga disminuye, pueden ser considerados como complemento de bancos fijos, para mejorar el factor de potencia y la tensión.

Debido a sus características de operación, esto es a las necesidades de varias conexiones por día y teniendo en cuenta la capacidad del banco de capacitores. Los bancos son aceptados con seccionadores bajo carga con fusibles especiales, y rieles que comandan los mecanismos. Así mismo, disponiéndose de transformadores de distribución, conforme el caso, puede acoplarse relé de voltaje, que conecta el banco de capacitores cuando la tensión disminuye y desconecta cuando la tensión aumenta. Disponiéndose de transformadores de corriente, puede acoplarse un relé de corriente, que conecta el banco de capacitores cuando aumenta la corriente del alimentador y desconecta cuando esta disminuye.

Disponiéndose de los dos transformadores arriba mencionados, se podrá ajustar el control de variaciones de carga, KW o en KVAR, con su relé adecuado.

Si no se dispone de relé o de transformadores antes indicados, pue

de aplicarse relé de tiempo, que conectan o desconectan el banco de capacitores en horas definidas y previamente calculadas. Si no se dispone de las condiciones arriba mencionadas, la operación se hará manual, con operador local, por hilo piloto actuando a distancia, se debe tener en cuenta la actualización de relé de voltaje cuidando así la regulación negativa cuando se presenta una tensión menor en las barras de la subestación en momentos de carga mínima.

Existen algunas normas básicas para instalar bancos de capacitores siendo, en resumen, las siguientes:

- a) La corrección del factor de potencia puede ser efectuado por la industria consumidora individualmente o en todo el sistema,
- b) Cuando se trata de bancos de capacitores, los mismos deben ser localizados lo más próximo posible al sistema de medición del uuario,
- c) De un modo general todo el conjunto debe estar protegido contra accidentes de tránsito o daños mecánicos,
- d) Todas las partes metálicas de la estructura debe estar debicamente puesta a tierra,
- e) Como en cualquier capacitor aparece el peligro de cargas residuales, deberá haber dispositivos que descarguen a tierra las cargas de este tipo. Esos medios de protección deben estar permanentemente conectados, para permitir los trabajos manuales. Son permitidas maniobras automáticas de modo que el dispositivo de descarga entre en acción en el momento en que cualquier ban-

co del capacitor sea desconectado del circuito.

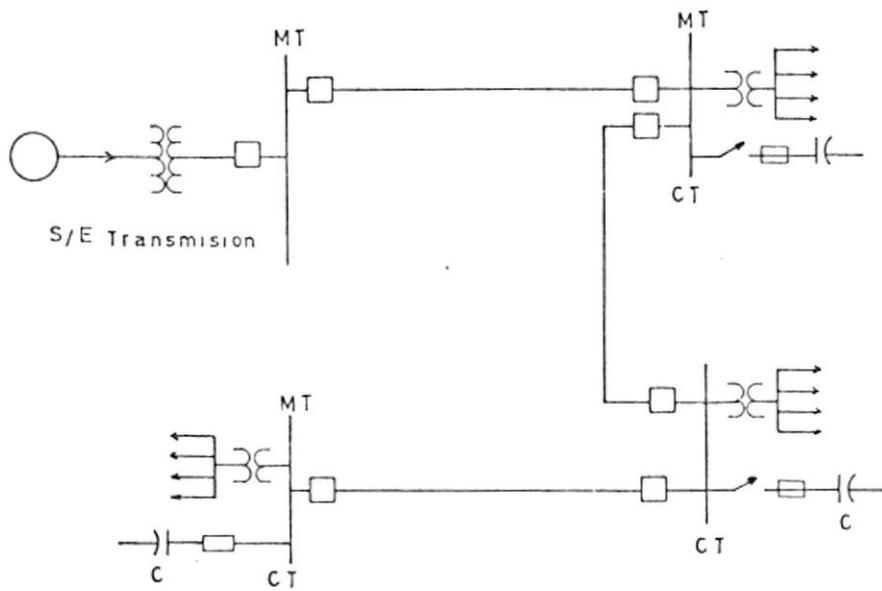
El diagrama eléctrico conceptual de un grupo de capacitores para instalación simplificada se puede observar en la fig. 1,4.1.

El seccionador bajo carga debe tener varios contactos auxiliares de cierre y apertura y debe de contar con comando manual y eléctrico, este último tanto para la conexión como para la desconexión, para poder así cumplir con las órdenes del tablero automático.

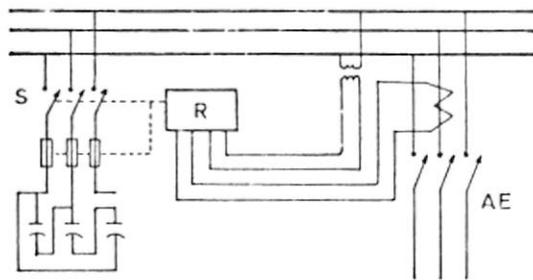
Antes de proceder al reemplazo ó a su mantenimiento ya que diariamente deberá soportar con toda probabilidad, una o dos conexiones o desconexiones.

El circuito del tablero del control automático se ha presentado en la fig. 1.4.2.

El relé de energía que ahí se ha consignado será monofásico y de acuerdo a la fig. 1.4.1., está alimentado por un transformador de intensidad situado en la fase del medio del alimentador en trante y por un transformador de tensión conectado a la barra sobre las fases extremas. El relé tiene un contacto de conmutación que, cuando la energía reactiva supera un cierto valor prefijado de antemano, energiza un contactor auxiliar que por uno de sus contactos dá al seccionador bajo carga la orden de conec-

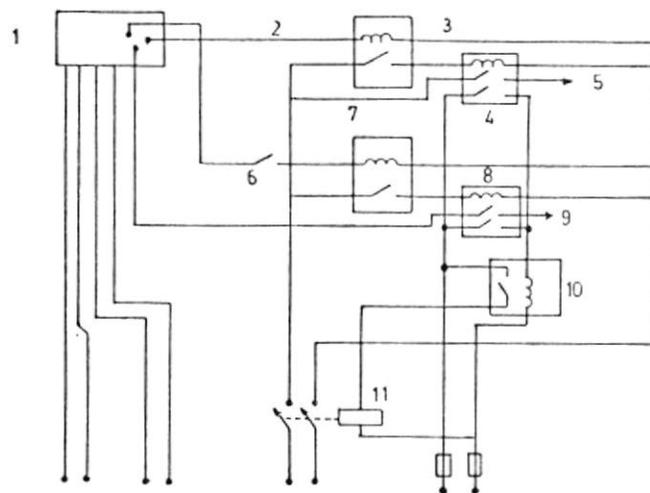


a) CT = CAMARA TRANSFORMADORA



b) R = RELE DE ENERGIA REACTIVA
AE = ALIMENTADOR ENTRANTE

FIG 1.4.1. a) RED DE DISTRIBUCION
b) DIAGRAMA CONCEPTUAL DE CAPACITORES
CON CONTROL AUTOMATICO (C)



- ① RELE DE ENERGIA REACTIVA
- ② CONTACTO AUXILIAR DEL SECCIONADOR BAJO CARGA (NC)
- ③ RELE DE TIEMPO DE CONEXION
- ④ CONTACTOR AUXILIAR DE CONEXION
- ⑤ IMPULSO DE CONEXION AL SECCIONADOR
- ⑥ CONTACTO AUXILIAR DEL SECCIONADOR BAJO CARGA (NA)
- ⑦ RELÉ DE TIEMPO DE DESCONEXION
- ⑧ CONTACTOR AUXILIAR DE DESCONEXION
- ⑨ IMPULSO DE DESCONEXION AL SECCIONADOR
- ⑩ RELE DE TIEMPO DE EMERGENCIA
- ⑪ INTERRUPTOR CON RELES TERMICOS Y ELECTROMAGNETICOS Y BOBINA DE DESENGANCHE

FIG 1.4.2. CIRCUITO ELECTRICO DEL TABLERO DE CONTROL AUTOMATICO

tar los capacitores.

Cuando la energía reactiva que pasa por el alimentador se torna inferior a otro valor prefijado sobre el relé de tiempo de desconexión, el cual, luego del tiempo ajustado energiza un contactor auxiliar que por uno de sus contactos dá al seccionador bajo carga la orden de desconectar los capacitores.

Cuando la energía reactiva que circula por el alimentador no alcanza a excitar el relé de energía reactiva en ninguno de sus sentidos, el contacto de conmutación se mantiene en posición neutra.

Para las maniobras del seccionador bajo carga no será necesario una batería de corriente continua, porque el comando no será dado por equipo de protección. La tensión podrá provenir del ta-blero de baja tensión de la cámara o del transformador de ten-sión, si este tiene la potencia apropiada. Este suministro, que se denomina principal, se entrega através de un interruptor automático, provisto de relé térmico y magnético y una bobina de de-senganche. Sólo para esta última existe un suministro adicional de tensión que está protegido por fusibles y tendrá otro origen que el suministro principal.

En servicio puede ser que el seccionador bajo carga desconecta a causa de que un fusible se fundió a consecuencia de un cortocir-

cuito de un capacitor.

Los impulsos eléctricos de conexión que recibe el seccionador después no son en tal caso seguidos por conexión, debido al enclavamiento mecánico que los fabricantes adicionan al seccionador para tal emergencia. El inconveniente está en que el impulso eléctrico se podrá recibir durante mucho tiempo, en forma innecesaria e inclusive con riesgos de averiar el mecanismo de conexión.

Una falla de cualquier índole en los mecanismos de maniobra del seccionador, que impida el funcionamiento del mismo, puede también dar lugar a la permanencia de un impulso eléctrico de conexión o desconexión con el mismo riesgo del caso anterior.

Para impedir esas acciones innecesarias con los probables riesgos consiguientes, se ha previsto que los segundos contactos de ambos contadores auxiliares estén conectados en paralelo, empalmados por un lado con un borde del suministro adicional de tensión y por otro lado con la bobina del relé de tiempo de emer--gencia, este estará ajustado para un tiempo suficiente mayor al necesario para efectuar la maniobra de tiempo largo, que es habitualmente la conexión.

Cuando uno de los dos relé de tiempo de conexión y desconexión -cierre su contacto y energice su contactor auxiliar, simultanea

mente con la emisión de la orden de maniobra correspondiente, se energiza el relé de tiempo de maniobra en cuestión, se desenergiza porque el circuito de alimentación de cada uno de ellos hay un contacto auxiliar del seccionador bajo carga que al cumplirse la maniobra se activa e interrumpe directa o indirectamente, al suministro de tensión al respectivo relé de tiempo; con esto se consigue desenergizar también al contactor auxiliar pertinente, pero en caso que la maniobra se vea impedida cualesquiera de las razones mencionadas, el relé de tiempo correspondiente a esa maniobra y su contactor auxiliar siguen energizados y el relé de tiempo de emergencia, al llegar al tiempo ajustado, operará su contacto, con lo que se cierra el circuito de la bobina de desenganche del interruptor de suministro principal de tensión. Este desengancha, todos los relé del tablero, se desenergiza y el impulso eléctrico de maniobra se extingue el seccionador bajo carga continúa, sin problema posterior, en su última posición, sin poder realizarse con él ninguna maniobra al menos con comando eléctrico, sin que intervenga personal para reparar la deficiencia.

Este esquema sigue los lineamientos de lo que se llama "breaker failure relay"

Los contactos auxiliares mencionados cumplen además otra función ya que puede suceder que el relé de energía reactiva, a causa de las variaciones de carga, envíe una orden de conexión o desco -

nexión, cuando el seccionador este ya desconectado o conectado. En tal evento los contactos auxiliares del seccionador impiden por estar abierto en el caso correspondiente, que ese impulso llegue a un relé de tiempo. De esa manera no se energiza innecesariamente durante un tiempo que, por lo largo que puede ser podría quizás causar inconvenientes.

El tablero de control automático debe contar también con un contactor de maniobras que servirá para hacer el control con fases de vigilancia, reposición y mantenimiento. Será activado por un contacto auxiliar del seccionador y alimentado por la fuente principal de tensión.

Será también conveniente que el tablero cuente con dos conmutadores uno que corte el suministro de tensión de medición y el otro que cortocircuite el suministro de intensidad, con ambos se podrá poner fuera de servicio al relé de energía reactiva.

En cuanto a los ajustes de los relé de tiempo de maniobra se tratará que los tiempos de conexión, vayan disminuyendo, desde la subestación hasta el extremo del alimentador.

En cuanto a los ajustes superior e inferior del relé de emergencia entre ellos sea mayor que el valor del banco de capacitores, pues de no ser así, el relé los volvería a desconectar inmediatamente y así sucesivamente en forma interminable.

Los capacitores tendrán resistencias o bobinas internas de descarga, la constante de tiempo de descarga debe ser elegida de modo de no ser mucho mayor que la mitad del ajuste del relé de tiempo de conexión. De esta manera se dá el caso que apenas desconectados los capacitores el relé de energía reactiva puede volver a dar la orden automáticamente de conexión, al conectar el seccionador bajo carga después del retardo fijado en el relé de tiempo, no se encontrarán "atrapadas" en los capacitores, carga residual de importancia que pueden provocar perturbaciones en la red, se debe mencionar el hecho de que, si por falla del seccionador bajo carga o maniobra manual, un grupo de capacitores permanece conectado a pesar de no ser necesario por haber desaparecido la carga reactiva, no debe haber peligro grave de sobretensión siendo el grupo de capacidad pequeña en relación al total de capacitores. Tampoco en un red de distribución de media tensión se puede producir sobretensiones grave por esa causa, a menos que se trate de una cantidad muy grande de capacitores.

Si hubiere un peligro real en este sentido se puede preveer un relé de sobretensión, que llegado el momento, bloquee todo impulso de conexión, y desconecte los capacitores.

Con respecto a las solicitaciones de origen eléctrico que puedan producirse sobre los seccionadores bajo carga por maniobra

de los capacitores cabe decir que, cuando más espaciados se hallan los capacitores menores se vuelven.

Para vigilar las instalaciones se utilizará por supuesto la inspección periódica y además la lectura de los instrumentos de alimentadora de la subestación.

II EVALUACION ECONOMICA

2.1. ECONOMIA DE ENERGIA

Al aplicar capacitores a un sistema de potencia, es necesario determinar los beneficios económicos resultantes de esta instalación.

Siendo la cantidad óptima de KVAR de capacitores a utilizar siempre igual a la ganancia proveniente de la última instalación que será el costo de KVAR.

Una vez determinada la reducción de pérdidas, el ahorro de energía deberá realizarse a partir de estos valores; que se convierten en Kwh anuales multiplicado por el costo de los mismo según la tarifa utilizada en cada empresa, resultando un valor dado en función de la unidad monetaria, por KVAR de capacitores instalados y por años.

Es generalmente económico el elevar el factor de potencia de carga máxima sobre el 90%, lo cual traerá como consecuencia la reducción de pérdidas.

2.2. EL VALOR DE INCREMENTAR EL VOLTAJE

Los capacitores pueden usarse como complemento o reemplazo de reguladores de voltaje. En una alimentadora, en barra de la subestación o transformadores con cambio de tap bajo carga. Los capacitores fijos pueden elevar el nivel de voltaje en el sistema. Por la elevación del promedio del nivel de voltaje, los capacitores fijos pueden reducir los costos de regulación ya que un capacitor fijo

- no es regulador de voltaje y no puede ser comparado directamente con un regulador. Sin embargo adicionalmente a la elevación del nivel promedio del voltaje, los capacitores fijos pueden reducir el gradiente de voltaje a lo largo del alimentador. En otras palabras la relación en el extremo de recepción al voltaje de la barra de en vío en carga máxima es muy cercano a la unidad, si la ubicación de los mismos es apropiada esto puede hacer posible el suprimir los re guladores en algunos casos. Cuando capacitores fijos ahorran el cos to de reguladores, el capacitor tendrá el mérito de éste ahorro.

Al incrementar el nivel de voltaje capacitores fijos incrementan las rentas a la carga. Esto es particularmente cierto para alimentadoras residenciales cuando un porcentaje puede aumentar los kwh consumidos por la carga de ese mismo tanto por ciento.

La instalación de capacitores fijos pueden ser recuperados por la elevación en las rentas al incrementarse los kwh consumidos. Cuando se considera la reducción de costo de regulador con capacitores es necesario realizar un estudio detallado que debe hacerse para determinar el balance económico entre los reguladores y capacitores.

2.3. JUSTIFICACION ECONOMICA DE UBICACION DE CAPACITORES EN ALIMENTADORAS SUBTERRANEAS

Los capacitores son económicamente justificables para toda alimentadora subterránea basándose sólo en el ahorro en pérdidas.

Muchos de los posibles ahorros en pérdidas puede ser realizado conectando un sólo banco de capacitores fijos, el cual corrige a factor de potencia unidad en mínima carga o cerca de 75% de la longitud del alimentador.

Capacitores adicionales del tipo automático necesario en máxima carga sobretodo para la reducción de pérdidas del sistema dejarán de ser localizadas en la subestación.

Dos bancos fijos o uno fijo y el otro automático a lo largo del alimentador serán justificables. Es conveniente el estudio de esta posibilidad debido a que en el futuro muchas alimentadoras, serán subterráneas. Una asunción básica es que los capacitores sean requeridos bien en la alimentadora o en la subestación.

Esto parece justificado, porque con costo de capacitores actuales, no es generalmente económico suministrar los VARS necesarios desde la subtransmisión o generadores.

Beneficios realizados localizando los capacitores en la alimentadora preferentemente o en la subestación incluye un incremento en la amplitud del voltaje a lo largo de la alimentadora reduce las pérdidas (I^2R), en la alimentadora.

Caída de voltaje sin capacitores a lo largo de la alimentadora es menor que un 4% en los casos comunes, debido a los valores bajos de la impedancia.

En la comparación económica, solamente se considera en energía y demanda debido a la reducción de pérdidas por los capacitores.

La instalación subterránea de capacitores es justificada solamente cuando el costo diferencial anual, de la instalación es menor o igual que ahorro anual en energía y demanda debido a la reducción de pérdidas.

El costo diferencial anual de instalación, es el incremento en costo anual de capacitores en la subestación.

Mantenimiento y operación se desprecia por su pequeño costo anual, los costos conocidos son tamaño y prediseño. Una evaluación completa es la que se considera, la instalación de los capacitores en cercas apropiadas, en poste boveda, etc., esencialmente el costo está dado por unidades de VAR de capacitores (\$/KVAR).

Los costos para bancos automáticos incluyen adicionalmente el control y las unidades, tales como interruptores en aceite, puntas terminales (pot-head), cable, etc., los capacitores en boveda es tipo interior. La componente reactiva de carga determina los ahorros posibles de pérdidas; por lo tanto, el perfil del ciclo de la carga o perfil diario de carga debe ser considerado para obtener un gráfico seguro. Dividiendo el perfil de carga reactiva, esto es carga mínima y máxima, la cantidad de capacitores Shunt fijo para reducir a un mínimo el total de pérdidas de energía para un período mí-

nimo de carga puede ser obtenido.

Los capacitores que pueden ser conectados en períodos de carga máxima y desconectados durante cargas mínimas, pueden reducir pérdidas adicionales; así para un período de carga mínima o máxima el valor de energía ahorrada debido a capacitores es:

$$AE = T_{cm} * C_{pc} * 8.760$$

Donde:

T_{cm} = Relación de tiempo de duración de carga máxima o mínima en un día

C_{pc} = Costo de pérdidas en \$/KWH - Año

KW = Es la reducción de pérdidas en carga mínima o máxima

AE = Ahorro de energía en \$/KW - Año

Reducción de pérdidas es diferente durante los períodos de carga mínima y máxima, siendo necesario calcular el ahorro anual de cada período y luego obtener el ahorro total.

Luego de calcular el ahorro de energía debido a los capacitores considerando la reducción de pérdidas.

$$AERP = AE * RP$$

Donde:

AE = Ahorro de energía \$/KW - Año

AERP = Ahorro de energía considerando reducción de pérdidas,
en \$/año.

RP = Reducción de pérdidas en KW

Se calcula tanto para carga mínima como para carga máxima. Como se indicó anteriormente, el costo de instalación banco fijo y automático, siendo diferente también el costo de KVAR el cual disminuye con el incremento de la capacidad como se muestra en la fig. 2.2.3. en la cual se ha graficado en forma aproximada el incremento para varias capacidades de bancos instalados en una boveda y comparados con bancos instalados en subestaciones.

Utilizando estos costos diferenciales de instalación de capacitores se determina el costo total diferencial de instalación por año, CI

$$CI = AI * Kvac * PORCE$$

Donde:

AI = Costo incremental de instalación tomadas de las curvas
en \$/Kvac.

KVAC = Capacidades de los bancos KVAC

PORCE = Porcentaje de la demanda transmitida por la alimentadora (%/año).

Se calcula tanto para bancos fijos y/o automáticos

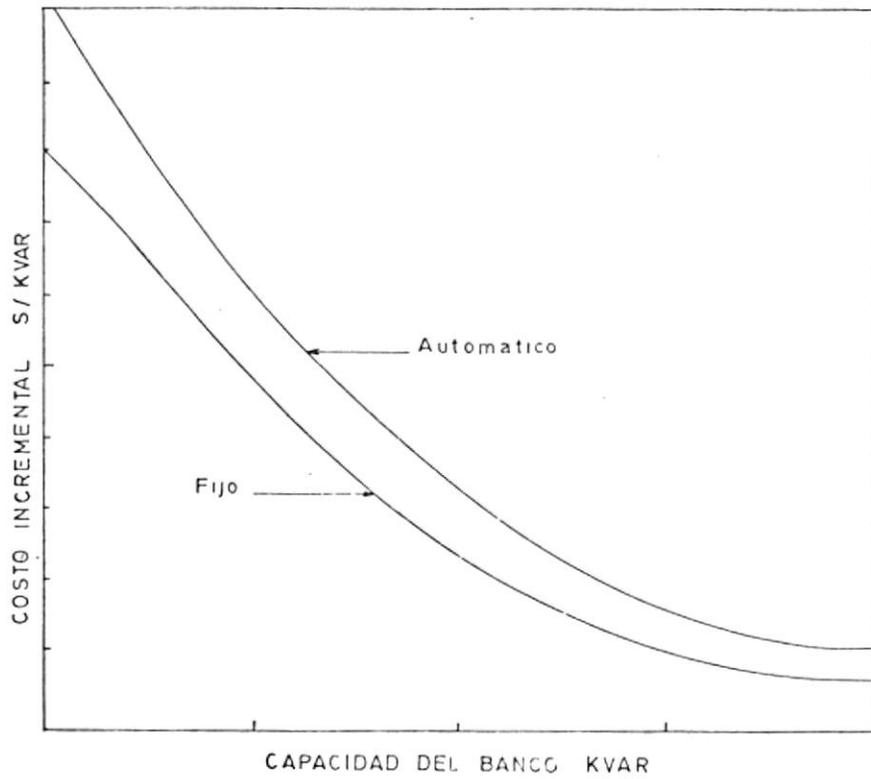


FIG 2.3.1. COSTO INCREMENTAL DE INSTALACION DE BANCOS EN BOVEDAS COMPARADO CON INSTALACION EN S/E

El ahorro es:

$$AN = AERP_T - CI_T$$

Donde:

AN = Ahorro de energía neto \$ / año

AERP_T = Ahorro total de energía considerando reducción de pérdidas \$ -/año

CI_T = Costo total diferencial de instalación por año \$-/año.

Para un banco de capacitores fijos, incrementar la capacidad sobre el tamaño óptimo provee la reducción de pérdidas y carga mínima y adicionalmente produce ahorro con carga máxima. Es necesario por lo tanto realizar este incremento hasta obtener un valor que nos dé un mayor ahorro neto por año.

2.4. COMPARACION ECONOMICA PARA SISTEMA DE CONTROL DE VOLTAJE ENTRE CAPACITORES Y REGULADORES DE VOLTAJE

Las principales ventajas económicas que presenta la utilización de capacitores se puede resumir en los siguientes puntos:

- a) Referentes a costos para proveer adecuada regulación de voltaje en una subestación de transmisión o distribución y en alimentadora de distribución, la indicación es que capacitores son económicamente preferibles a reguladores de voltaje.
- b) En una subestación de distribución, el número de alimentadoras y los factores de potencia de carga no tiene efecto significativo sobre la diferencia de tipo, automático. Alta impedancia en

el centro de carga puede incrementar la ventaja económica del uso de capacitores tipo automático

- c) La presencia de capacitores tipo automático en la distribución servida por una subestación de transmisión aumenta las ventajas de usar capacitores tipo automáticos en la subestación.
- d) Un gran número de transformadores de la subestación de transmisión generalmente favorecen en forma futura el uso de capacitores tipo automático
- e) Los cuatro puntos anteriores llevan la conclusión general que excepto en puntos de interconexión, varios propósitos de capacitores tipo automático, sirven al sistema más económicamente que los reguladores de voltaje. Esto es cierto sin tomar en cuenta la mejora del factor de potencia con la cual nuevas cargas pueden ser instaladas.

Sin embargo estudios realizados han encontrado que la combinación de reguladores de voltaje y capacitores usualmente proveen mayor economía que el uso de uno de ellos en forma independiente.

Los capacitores reducen la caída de voltaje y las pérdidas. Los reguladores proporcionan un control en etapas finas del nivel de voltaje donde ocurre la caída.

Una combinación de estos equipos proveen por tanto una mejor calidad de voltaje, usualmente, con menores costos.

Para la realización de comparación económica, es necesario realizar una evaluación del costo anual de reguladores y capacitores y ahorro de pérdidas debido a la aplicación de capacitores para lo cual se calcula:

- a) La diferencia de pérdidas máxima en KW, que comprende los componentes de energía y demanda en la estación de generación.
- b) La diferencia de pérdidas máxima en KVAR, en base a los costos de demanda (\$/año)
- c) Para los reguladores de voltajes:
 - Costo anual de pérdidas del nucleo (\$/KW)
 - Costo anual de pérdidas del cobre (\$/KW)
- d) Costo anual de reducción de pérdidas debido a la aplicación de capacitores.
- e) Costo anual de instalación de los tres reguladores por alimentadora (\$/).

III PROGRAMA DE COMPUTACION PARA DETERMINAR EL TAMAÑO Y UBICACION OPTIMA
DE BANCOS DE CAPACITORES EN SISTEMAS DE POTENCIA Y GRAFICO DEL PERFIL DE
VOLTAJE EN LA ALIMENTADORA PRINCIPAL

3.1. INTRODUCCION

Básicamente, el problema es siempre el mismo, ofrecer energía eléctrica con tensión regular, manteniendo una continuidad en el servicio y frecuencia constante.

Es bien conocido que la mayor eficiencia de operación de un sistema de potencia se obtiene cuando el factor de potencia de la carga y a través del sistema es aproximadamente 100 %.

Líneas de transmisión y redes, sin embargo cuando operan en los niveles de carga requeridas para mayor economía, requieren grandes cantidades de kilovars manteniendo factores de potencia sustancialmente menores que la unidad.

En el extremo de envío o generación de un sistema de transmisión, los kilovars requeridos pueden ser obtenidos más económicamente desde los generadores dándoles la necesaria capacidad de sobreexcitación.

En el extremo de recepción o en la carga del sistema, los reactivos requeridos para niveles de carga de voltaje para una mayor economía son excesivos comparados con los requeridos en el extremo de envío

y son generalmente suministrados por capacitores shunt.

En función de la tensión nominal y de la densidad de carga de capacitores, ya que los capacitores distribuidos en la red y aquellos instalados en barras de subestaciones, deberán ser de fácil remoción de manera de tener un estudio y control operativo de los capacitores adecuados para la dinámica de la red y el crecimiento de la carga.

Por lo tanto los elementos básicos para el proyecto, en general son:

- Tensión nominal
- Tensión de la alimentadora
- Carga máxima y mínima
- Longitud del alimentador
- (ciertos) factores de la red y de la carga (factor de pérdidas y factor de carga, tipo de conductores y factor de utilización etc.,).

El método empleado para la elaboración del programa tiene como objetivo principal el obtener:

- Cálculo de regulación antes y después de ubicar bancos de capacitores, tanto para la carga máxima como carga mínima.
- Perfil de tensión en condiciones de carga mínima
- Perfil de tensión en condiciones de carga máxima
- Perfil de tensión con bancos fijos instalados en condiciones de carga mínima (si es necesaria dicha ubicación)
- Perfil de tensión con bancos automáticos y fijos en condiciones

de carga máxima

- Tabla de los datos de entrada y cálculos de caída, ubicación y tamaño óptimo de los bancos de capacitores necesarios.

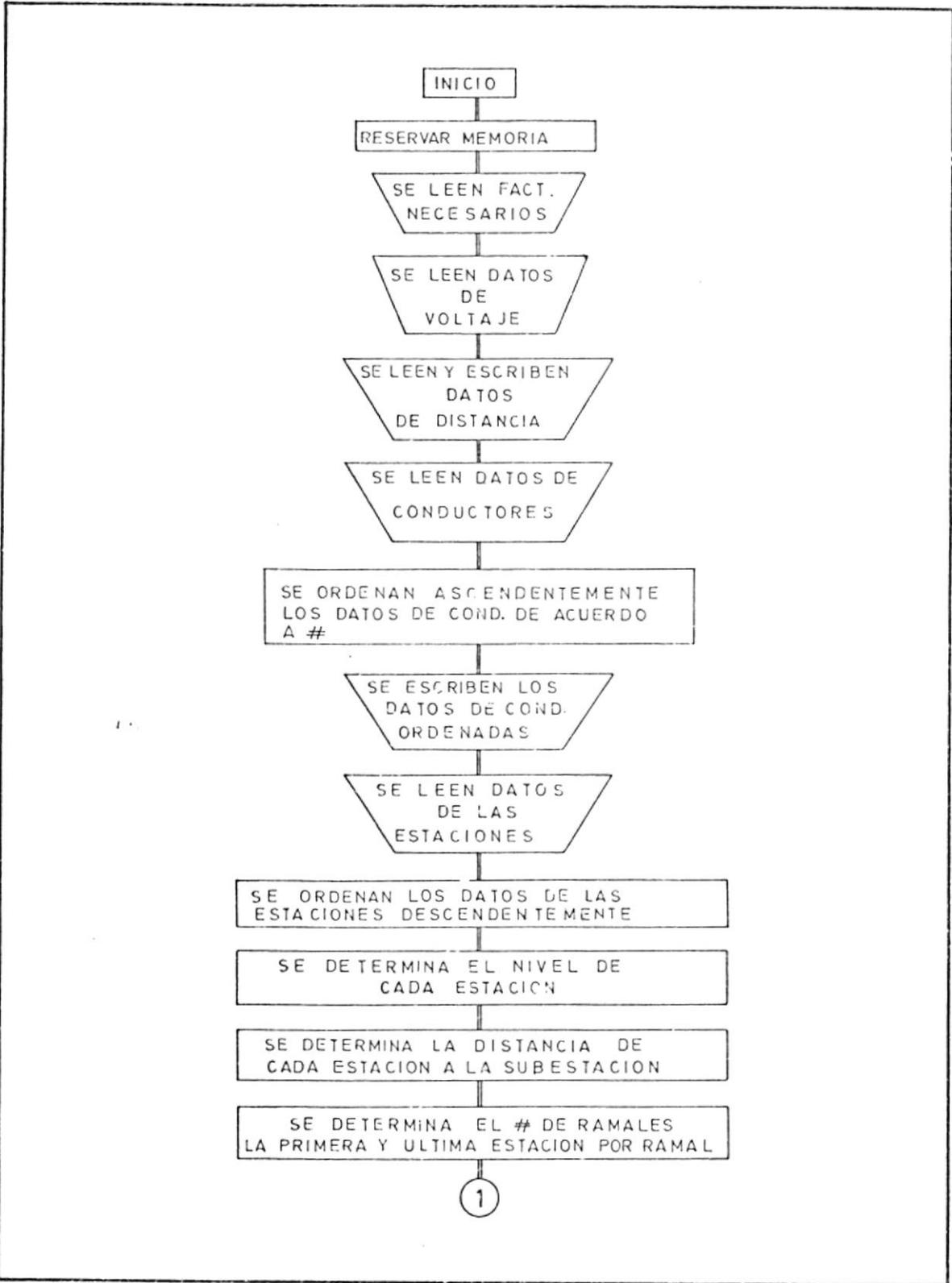
Evidentemente, se comprende de inmediato que los capacitores influirán directamente en la tensión, sin embargo como se ha analizado no se limita ahí su campo de aplicación, los capacitores disminuyen de forma clara, rápida y objetiva, el efecto de carga reactiva, influyendo entonces directamente en la potencia aparente, disminuyendo los KVA de carga, así en casos de aumento de carga, ya sea industrial, alumbrado público, o en el sistema en general siempre exigen una cantidad grande de reactivo, siendo necesario o bien aplicar bancos de capacitores pequeños, distribuidos en las redes o bancos mayores en barras de subestación.

3.2. DISEÑO DEL PROGRAMA

El diagrama de flujo simplificado del programa se muestra en la fig. 3.2.1.

El programa se ha escrito utilizando lenguaje fortran 4 y el sistema IBM S-34.

Para obtener la solución se parte del hecho que la regulación de voltaje implica un procedimiento ITERATIVO y así determinar la localización y tamaño del banco de capacitores.



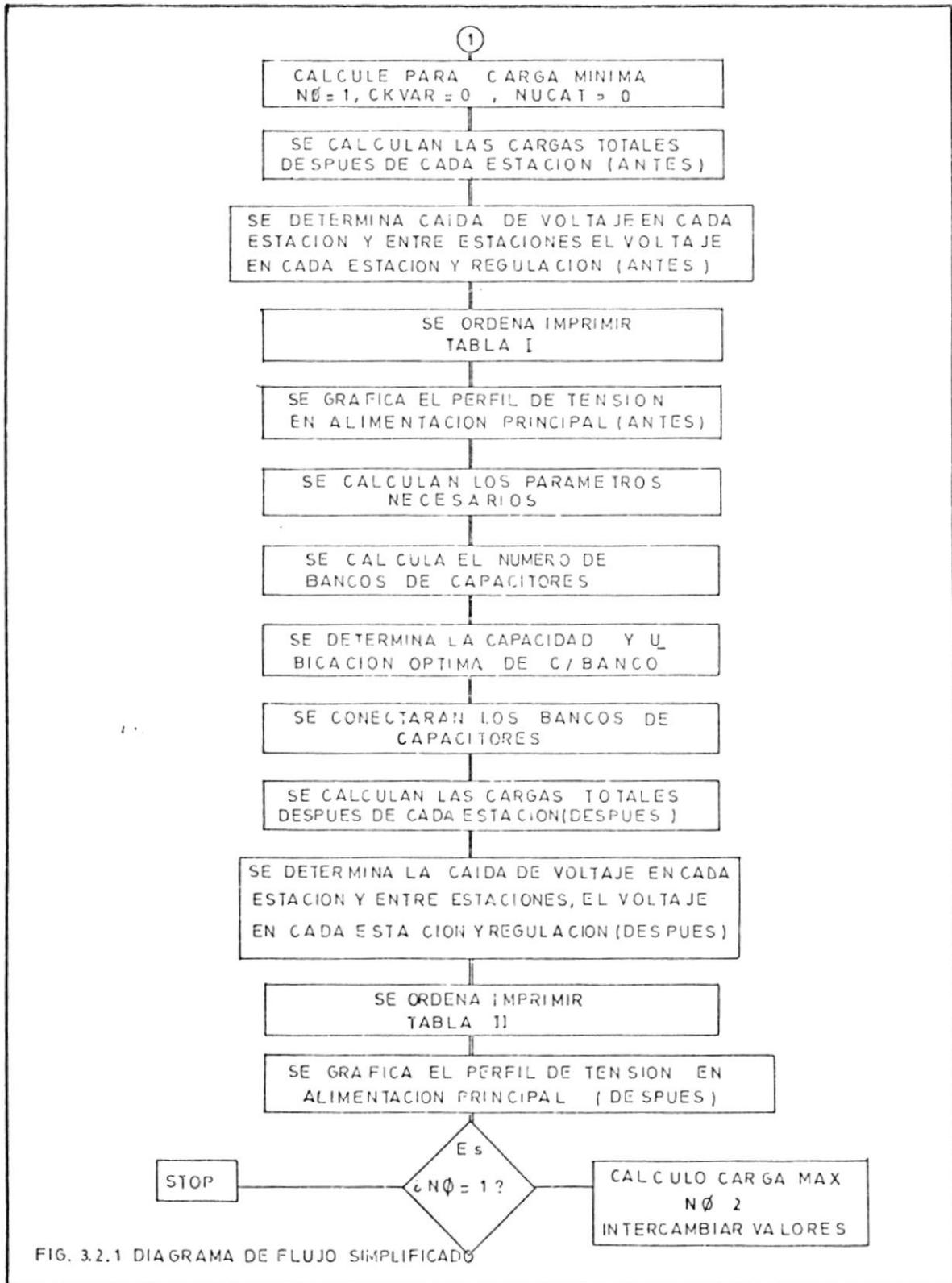


FIG. 3.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO

Una componente de la potencia perdida en la línea, es una función I^2R , y como el banco de capacitores, solamente afecta a esta componente, luego la reducción es dirigida a I^2R .

Un ciento por ciento de la reducción de pérdidas debido a la componente reactiva puede solamente lograrse teniendo una distribución uniforme de la corriente capacitiva, ya que la corrección capacitiva es destinada a la localización de bancos de capacitores de un número finito, ciento por ciento de la reducción de las pérdidas, debido a la corriente reactiva no es posible, para comparar la reducción de pérdidas y regulación de voltaje se utilizan cantidades normalizadas de cada una de ellas.

Estas cantidades normalizadas son obtenidas calculando la diferencia entre los valores antes y después de la aplicación del banco de capacitores dividida para el valor antes de dicha aplicación.

El valor después de la aplicación de bancos de capacitores se lo obtiene del porcentaje de regulación deseado, de tal manera que se calcula el número de bancos de capacitores necesarios para satisfacer con la regulación de voltaje que es un dato de entrada.

El programa realiza el cálculo de la caída de voltaje en base al método de volt-amperios-OHM, tanto antes de la ubicación de bancos de capacitores como después de dicha ubicación.

El análisis se lo hace para carga mínima dejando conectados los bancos de capacitores de carga mínima considerados fijos, para luego calcular utilizando valores de carga máxima.

DATOS DE SALIDA:

La estructura del programa permite imprimir los resultados de los cálculos efectuados, agrupados en tablas y gráficos del perfil de voltaje en la alimentadora principal, con las siguientes características.

Primero serán impresos los valores de:

- Voltaje efectivo (V_{SUB}); valor de tensión en la subestación (volts)
- Voltaje alimentadora (V_{ALM}); valor de la tensión real a la cual se entregará la energía (volts).
- Unidad de distancia (UNDI); puede estar dado en Mt. o Km.
- Factor de distancia (DFAC); depende de la unidad de distancias

$$\text{Si UNDI} = \text{Mt} \quad \text{DFAC} = 100$$

$$\text{UNDI} = \text{Km} \quad \text{DFAC} = 10$$

- Número de tipo de conductores (NOFCN); cantidad de conductores utilizados en el sistema de potencia (máximo 20)
- Tipo de conductor de cada estación (CND); a cada conductor se le asignará un número del 1 al 20 para su identificación.
- Resistencia (RES); resistencia del conductor dada en Ω /100 mts.
- Reactancia (XEQ); reactancia total del conductor dada en Ω /100 Mt.
- Cuántas estaciones (NOEST); cantidad de estaciones del sistema de potencia (Máximo 40).

- Factor de potencia (FACPO-FACPL); debe ingresarse un valor de factor de potencia para carga mínima y otro para carga máxima
- Factor de utilización (FACUT-FACUL); factor de 0 - 1, representa demanda máxima utilizada, debe ingresarse un valor para carga mínima y otro para carga máxima
- Voltaje Base (BASE); valor de tensión de referencia (Volts)

TABLA I SE IMPRIME:

- El número de la estación (EST); que permite identificar la posición o nivel de cada estación
- Distancia entre estaciones (DIST); valor de distancia entre cada estación y la anterior (Km o Mt.)
- Distancia a la subestación (DSUB); valor calculado de distancia entre cada estación y la anterior (Km o MT)
- Caída de voltaje (CAIDA); pérdidas de voltaje en cada estación (Vots)
- Caída a la subestación (CDSUB); valor calculado de caída de voltaje entre cada estación y la subestación (Volts)
- Voltaje (VOLTS); valor calculado de tensión, en cada estación (Volts)
- Carga (CARGA-CARGL); carga de estación (Kw), debe ingresarse un valor de carga mínima y otro para carga máxima
- % Regulación (REGUL); el tanto por ciento de regulación en cada estación.

TABLA II

- Factor de potencia (FACPN); nuevo factor de potencia calculado con la conexión de bancos de capacitores
- Factor de pérdidas (FACPE); valor característico del sistema
- Factor de carga (FACCA); valor característico del tipo de carga
- Número de la estación (EST)
- Caída a la subestación (CDSUB); valor calculado de caída de voltaje entre cada estación y la subestación después de ubicar bancos de capacitores (Volts)
- Voltaje (VOLTS); valor calculado de tensión en cada estación después de ubicar bancos de capacitores (Volts)
- Tipo (TIPO-TIPOL); tipo de carga en cada estación, debe ingresarse tanto para carga mínima como para carga máxima (1 = carga, 3 = capacitor, 2 = carga + capacitor)
- % de regulación (REGUL)
- Ramal (NRAM) Número que representa si es 1, la alimentadora principal (troncal), de 2 - 6 ramales secundarios
- Números de bancos de capacitores (NUCAP); de acuerdo al ramal dá el número de bancos necesarios
- Distancia del banco (DICAP); valor óptimo de distancia a la cual se debe ubicar el banco (Km o Mt.)
- Capacidad del banco (CAPA); valor óptimo de la capacidad del banco (Vars)
- Ubicación del banco (NUME); número de la estación donde se conecta el banco.

3.3. DESARROLLO DEL PROGRAMA

Datos de entrada del proyecto:

Para la correcta utilización del programa se deberá ingresar un conjunto de datos necesarios, cada vez que se utilice, siendo estos los que se detallan a continuación:

FACTORES NECESARIOS

- FACPO; Factor de potencia para carga mínima, que es una relación entre la corriente activa y la corriente total y que equivale también al coseno del ángulo entre las corrientes indicadas, por tanto:

$$\text{FACPO} = \frac{I_{am}}{I_{Tm}} = \cos \theta$$

Donde:

I_{am} = Corriente activa mínima (Amp)

I_{Tm} = Corriente total mínima (Amp)

- FACUT: Factor de utilización, que es una cantidad menor o igual a la unidad y se obtiene como el recíproco del factor de diversidad, siendo este el cociente de la suma de las demandas máximas individuales en las distintas partes del sistema y la demanda máxima del sistema completo.

$$\text{FACUT} = \frac{\text{DEMANDA MAXIMA DEL SISTEMA}}{\text{SUMA DE LAS DEMANDAS MAXIMAS INDIVIDUALES}}$$

- FACPL: Factor de potencia en carga máxima
- PORCE: Regulación de voltaje deseado y es el porcentaje en caída -

de tensión de una línea con referencia al voltaje en el extremo de recepción:

$$\text{PORCE} = \frac{(V_s) - (V_r)}{(V_r)} * 100$$

Donde:

V_s = Tensión en el extremo de envío

V_r = Tensión en el extremo de recepción

- FACPE: Factor de pérdidas, definido como la relación entre el promedio de pérdida a la máxima pérdida:

$$\text{FACPE} = \frac{\text{VALOR PROMEDIO DE PERDIDAS}}{\text{MAXIMO VALOR DE PERDIDAS}}$$

Siendo este factor propio de las características del sistema

- FACCA: Factor de carga, siendo igual a:

$$\text{FACCA} = \frac{\text{VALOR PROMEDIO DE LA CARGA}}{\text{MAXIMO VALOR DE LA CARGA EN EL AÑO}}$$

Este factor depende del tipo de carga; es el caso que para zonas residenciales se considera 0.45 promedio; zona comercial 0,65, zona industrial 0,7

VOLTAJES

- Base: Voltaje base, dado en voltios y representará un valor de referencia
- VSUB: Voltaje efectivo, dado en voltios y representará un valor

de tensión (valor extremo de envío)

- VALM: Voltaje de la alimentadora; dada en voltios, valor de tensión a la cual se entregará la energía

DATOS DE DISTANCIA:

- UNCI: Unidad de distancia (km o Mt)
- DFAC: Factor de conversión que sea igual a 10 si UNDI está dado en Km y 100 si UNDI está dado en Mt.

CONDUCTORES:

Sólo se permitirán 20 tipo de conductores por tanto NOFCN será como máximo 20

Se debe identificar cada tipo con un número que es almacenado en CNDNO; dando además su resistencia en Ω /100 mts. y su reactancia total en Ω /100 mts.

ESTACIONES:

Sólo se permitirán 40 estaciones como máximo, por tanto NOEST, será como máximo 40

La identificación de cada estación almacenada en la variable que determina el nivel y ubicación bien dentro de la alimentadora principal como en un ramal secundario estando antes o después una de otra. Además se debe ingresar el tipo de conductor de dicha estación.

En CND que coincidirá con cualquiera de los números de conducto

res ingresado en el párrafo anterior.

El tipo de estación que determina si en ella se encuentra conectada una carga (1), una carga + capacitor (2), un capacitor (3), y será almacenado en TIPO, (carga mínima) y TIPOL (carga máxima).

La carga conectada en la estación en caso de ser TIPO = 1 en KW ó (3) en Kvar y será almacenado en CARGA (para caso mínimo) o en CARGL (para caso máximo).

La distancia a la estación anterior que será almacenado en DIST y podrá estar dada en Km o Mt.

3.4. DETALLE Y EXPLICACION DE CALCULOS

En las figuras 3.4.1. al 3.4.16., se muestran los diagramas de flujo de cada una de las subrutinas utilizadas, además resultados obtenidos de un ejemplo de aplicación.

A continuación se explican las bases técnicas para la elaboración del programa:

- 1.- Después del proceso de lectura de los datos se efectúa la ordenación de los mismos:
 - a) Con respecto a los conductores llamando a la subrutina ORDR 1 de acuerdo al número de conductor asignado se lo ordenará en forma ascendente.
 - b) Con respecto a las estaciones llamando a la subrutina ORDR 2 de acuerdo al número de la estación se las ordenará en forma

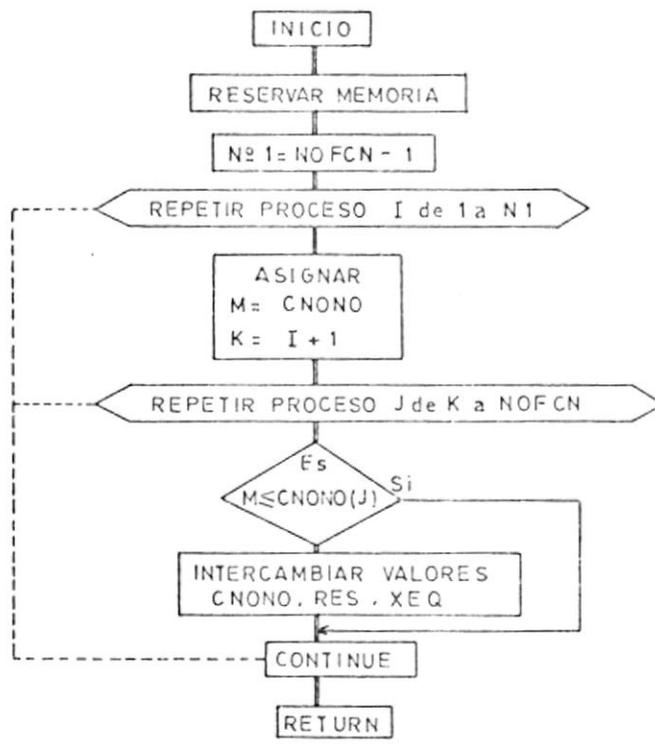


FIG 3.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBRUTINA ORDRI

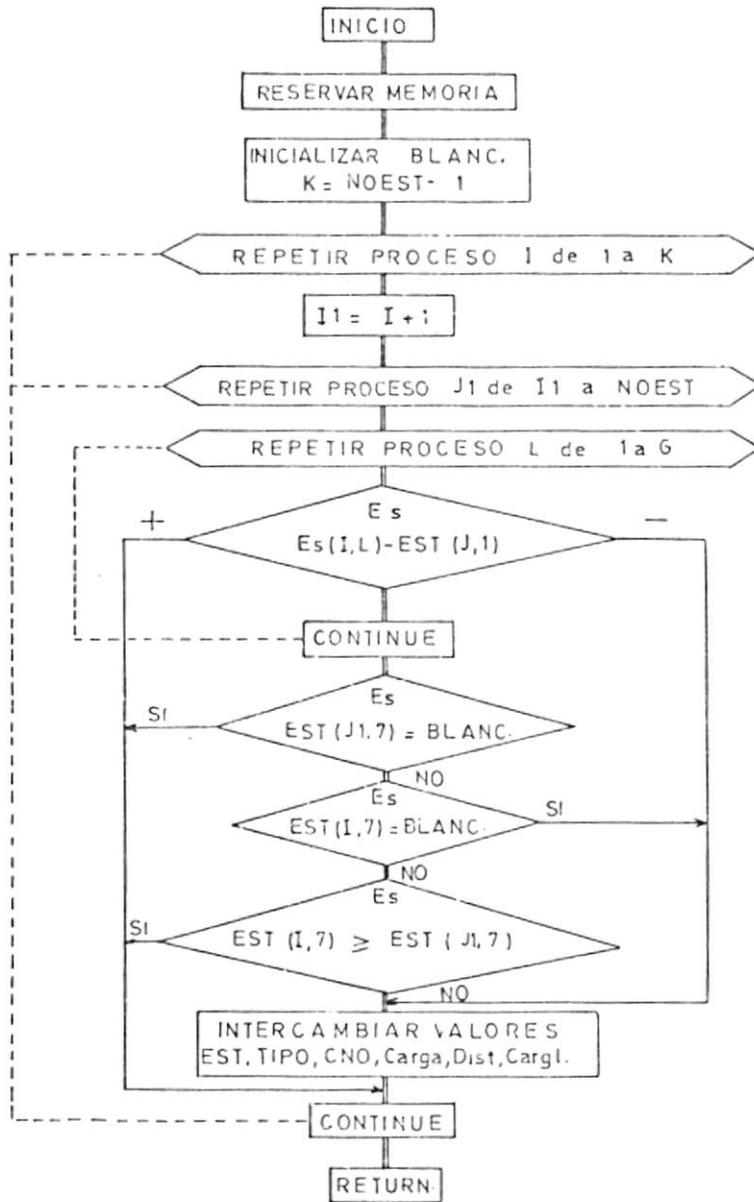


FIG 3.4.2. DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA ORDR2

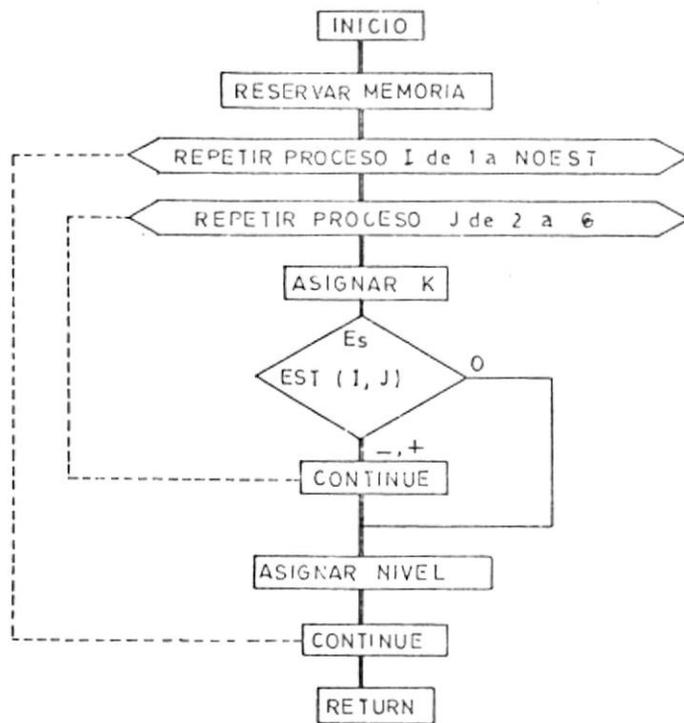


FIG 3.4.3. DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA GRADO

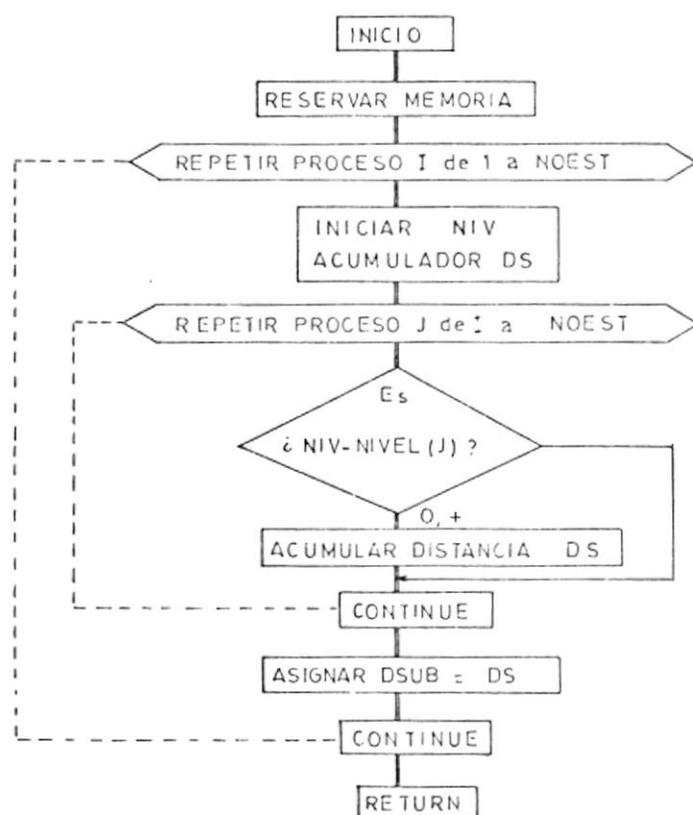


FIG 3 4 4 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA DISTA

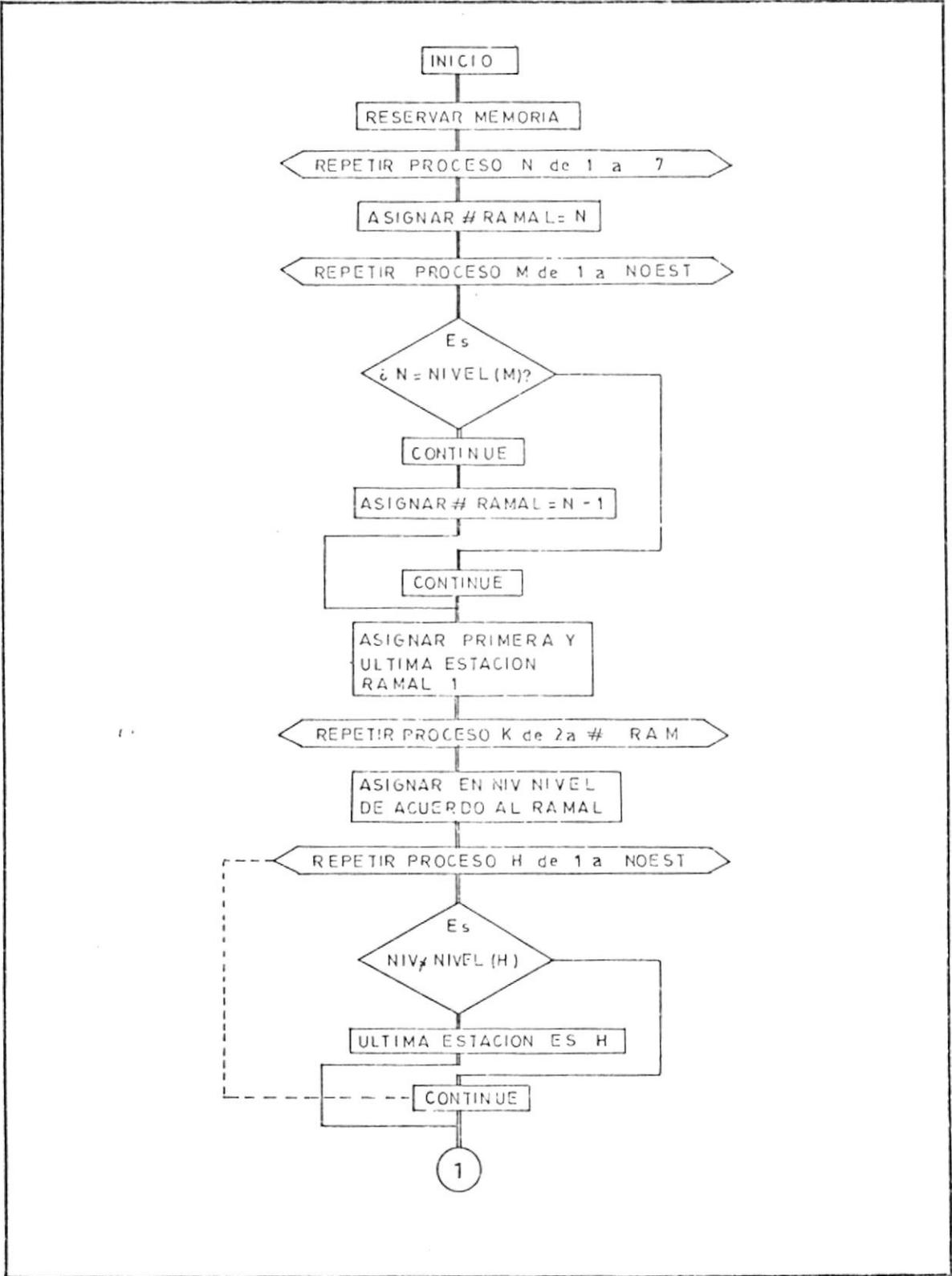
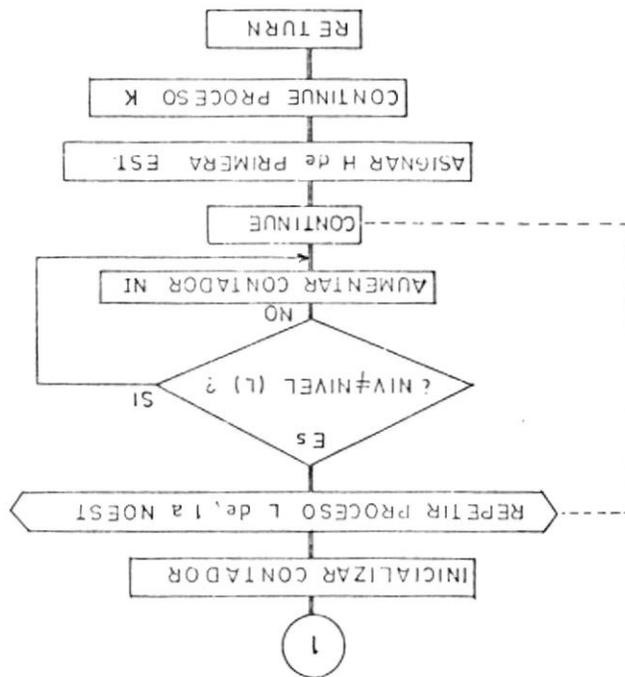


FIG. 3.4.5 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA RAMAL



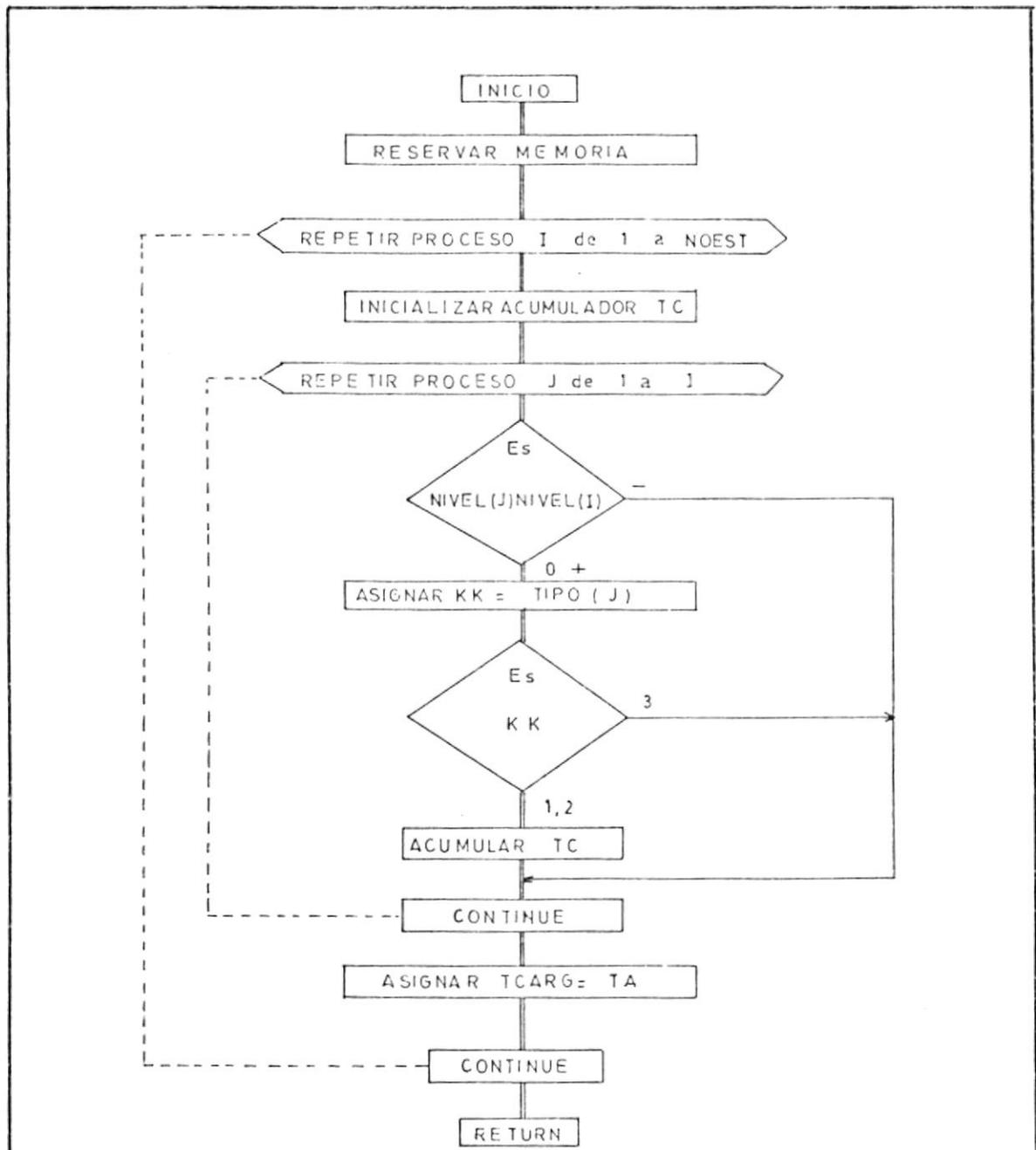


FIG. 3.4.6 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA CURR

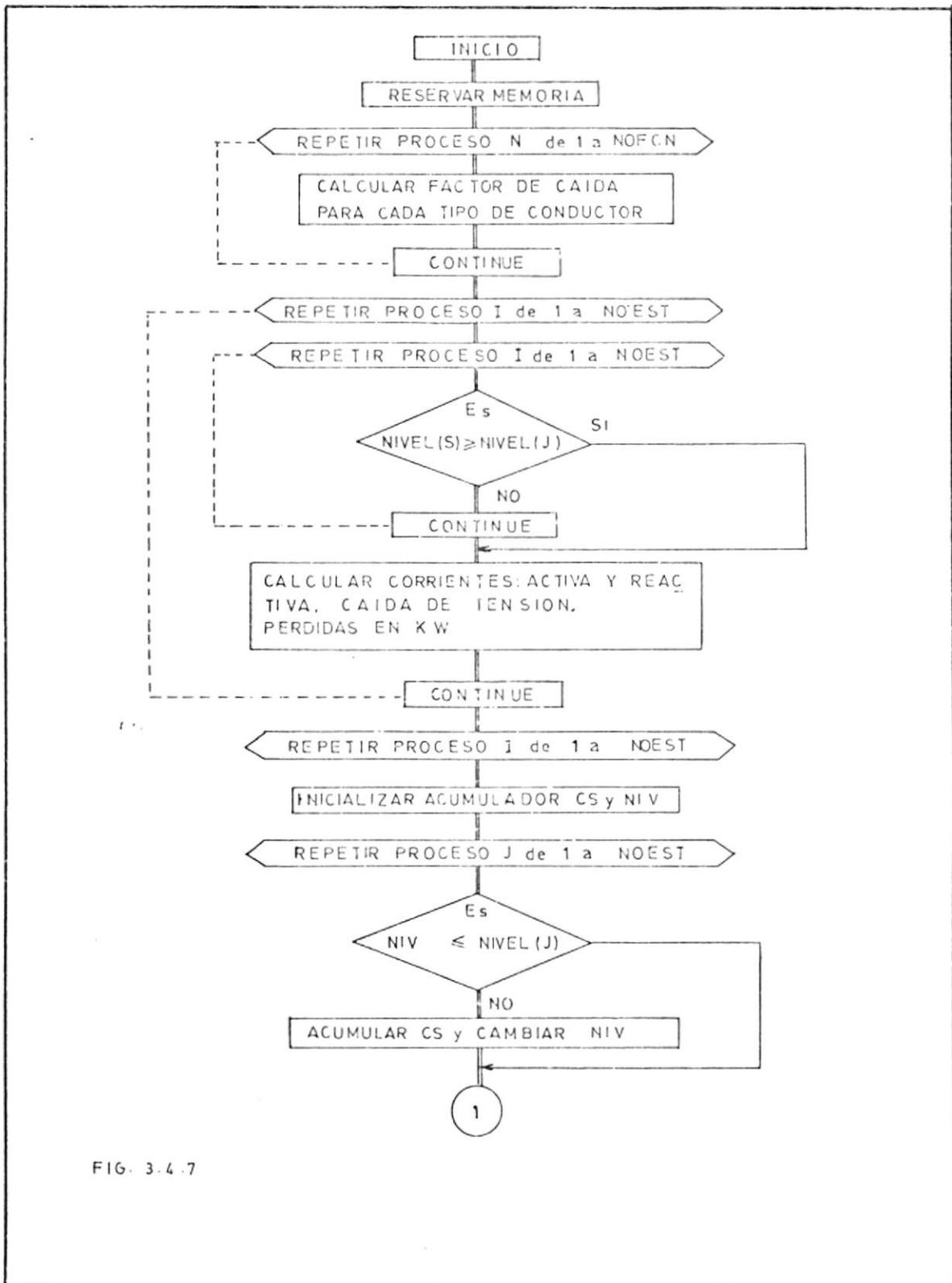


FIG. 3.4.7

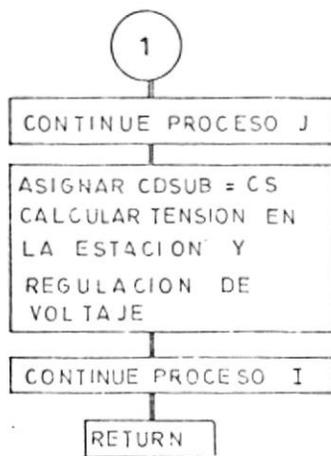


FIG. 3.4.7 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA PERD

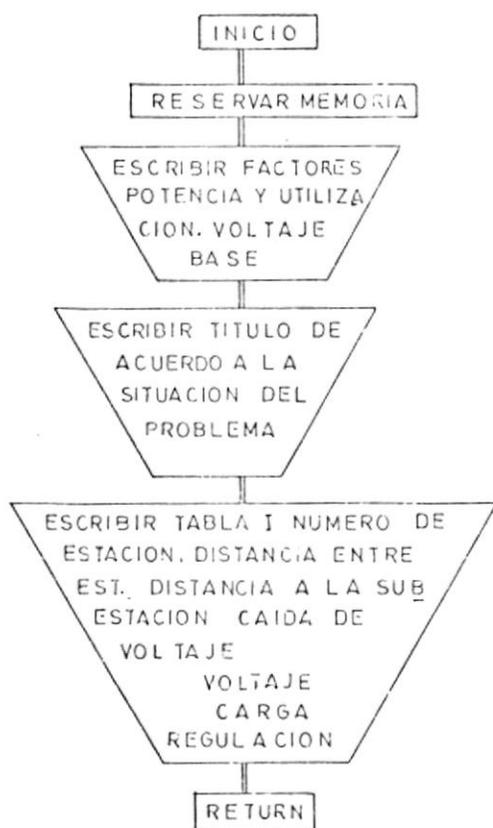


FIG. 3.4.8 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO SUBROUTINA SALI

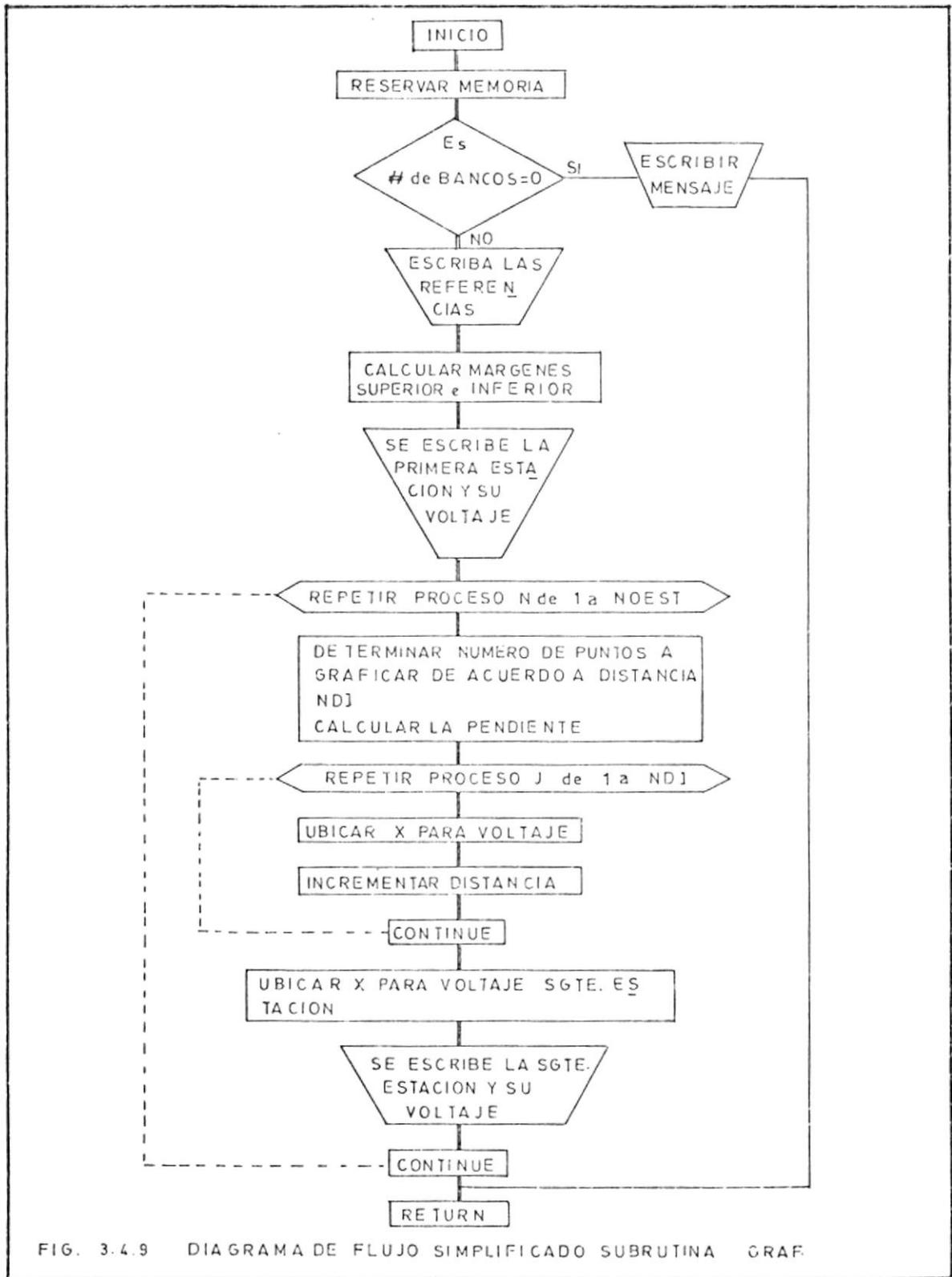


FIG. 3.4.9 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO SUBROUTINA GRAF.

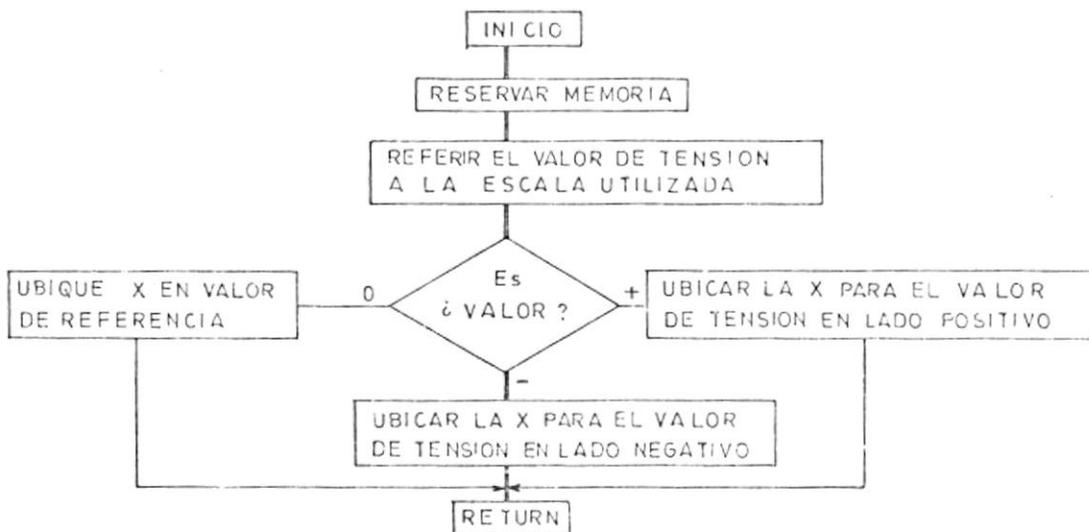


FIG. 3. 4. 10

DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA ARCAR



FIG. 3. 4. 11 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA PARAM

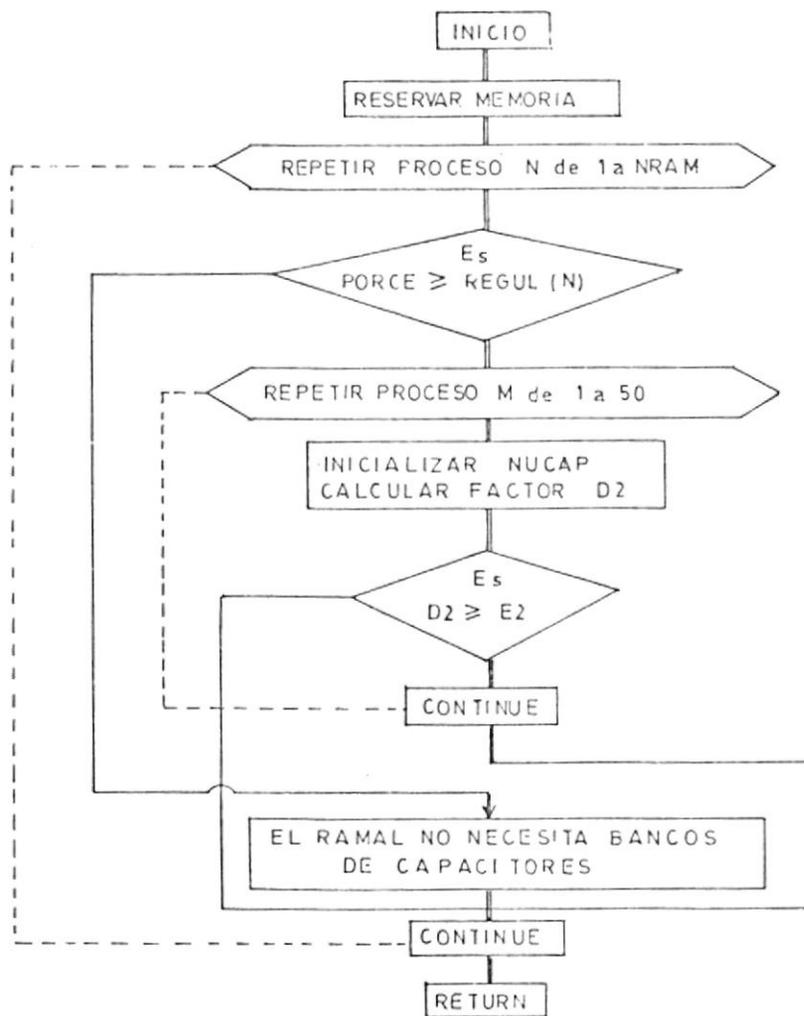


FIG. 3.4.12 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA NUBCO

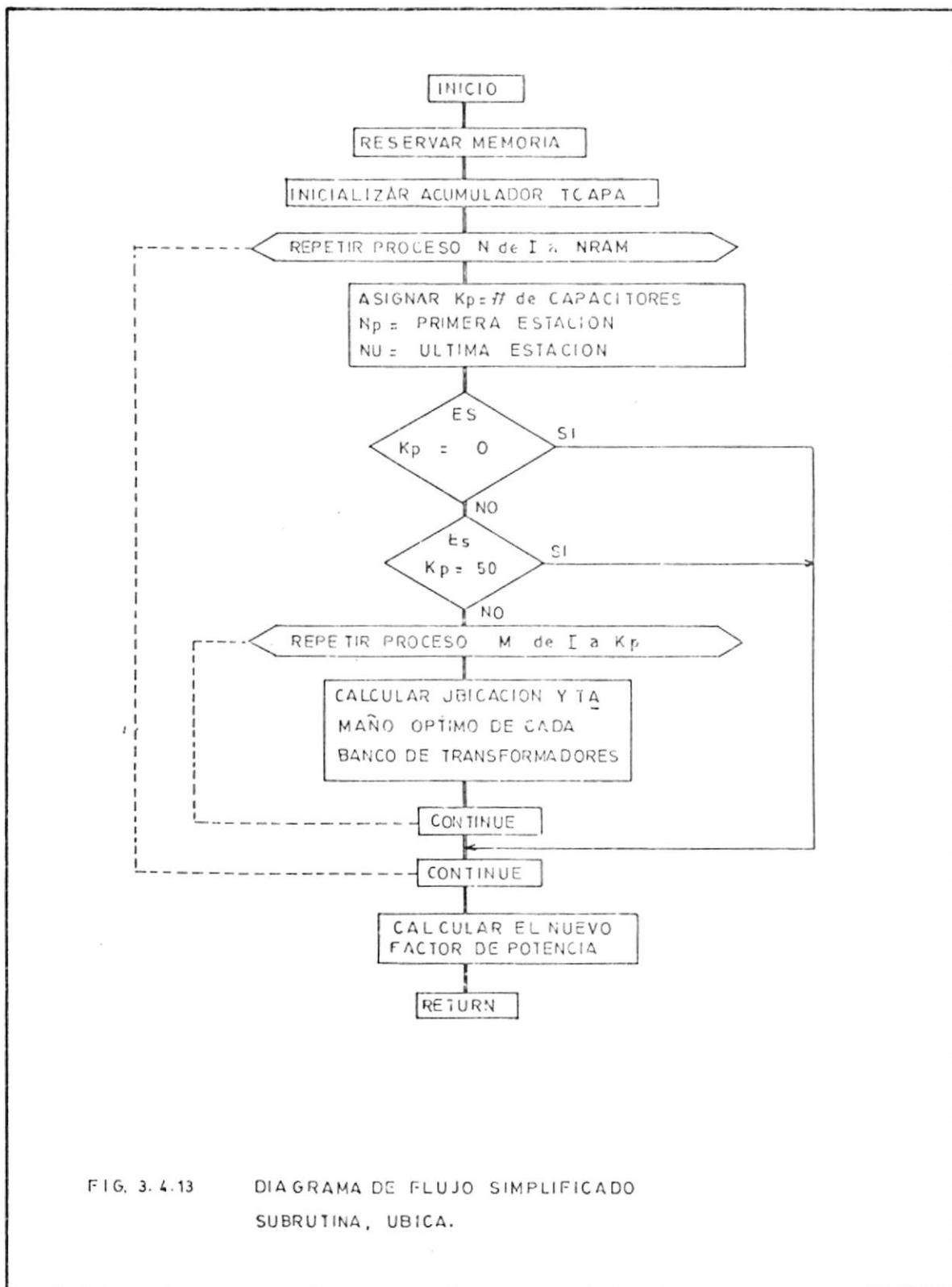


FIG. 3.4.13

DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA, UBICA.

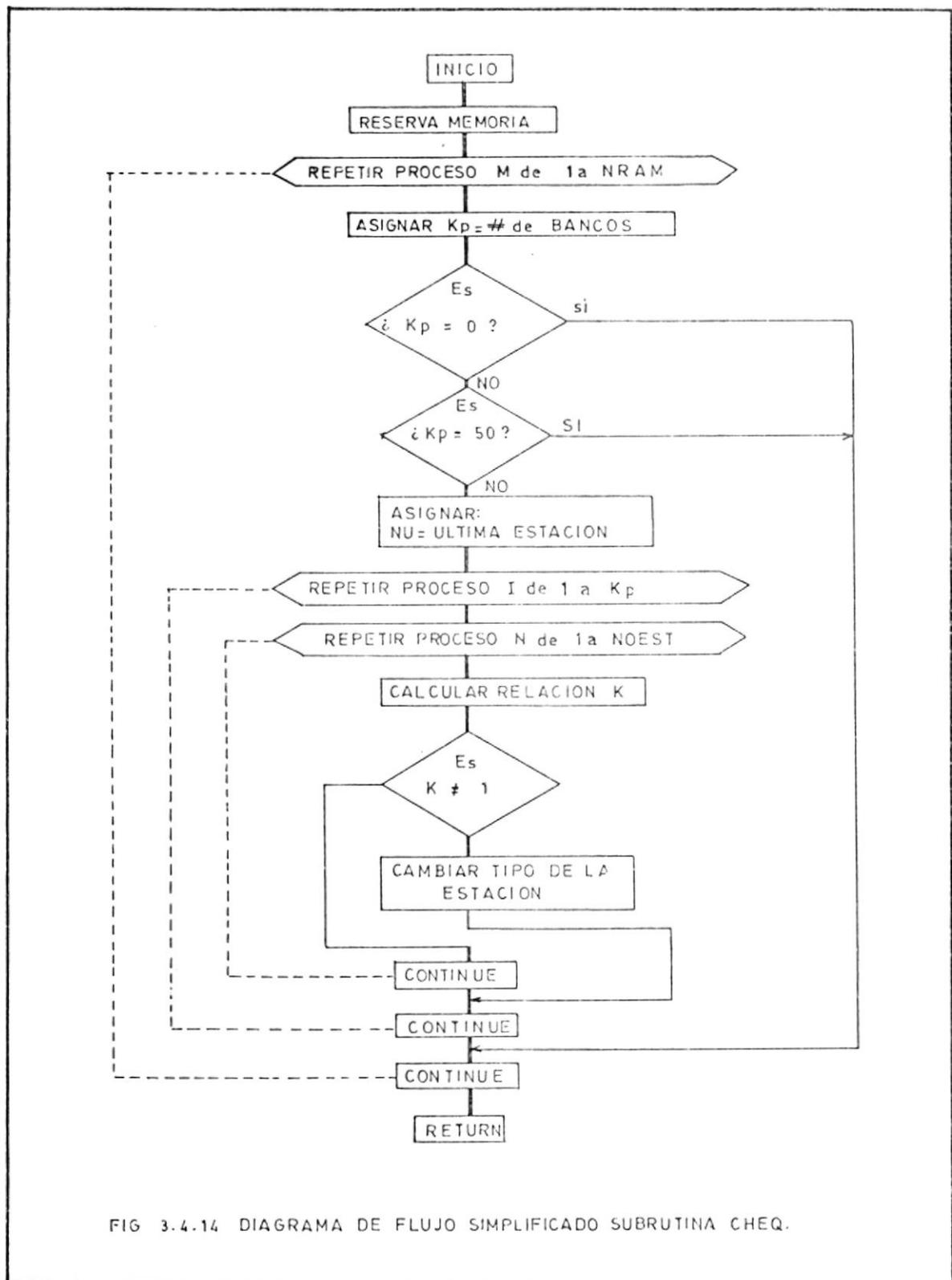


FIG 3.4.14 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO SUBROUTINA CHEQ.

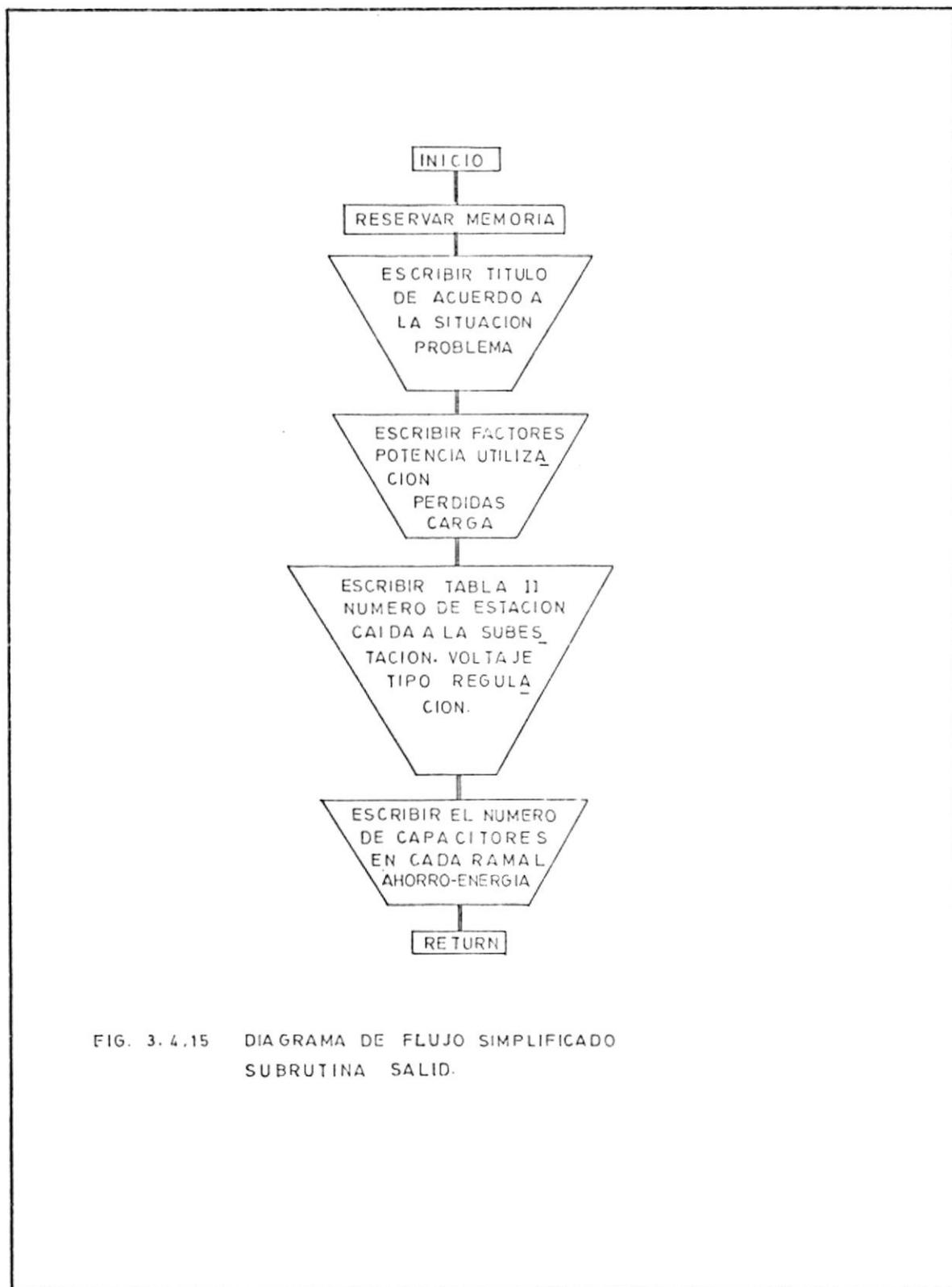


FIG. 3.4.15 DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO SUBROUTINA SALID.

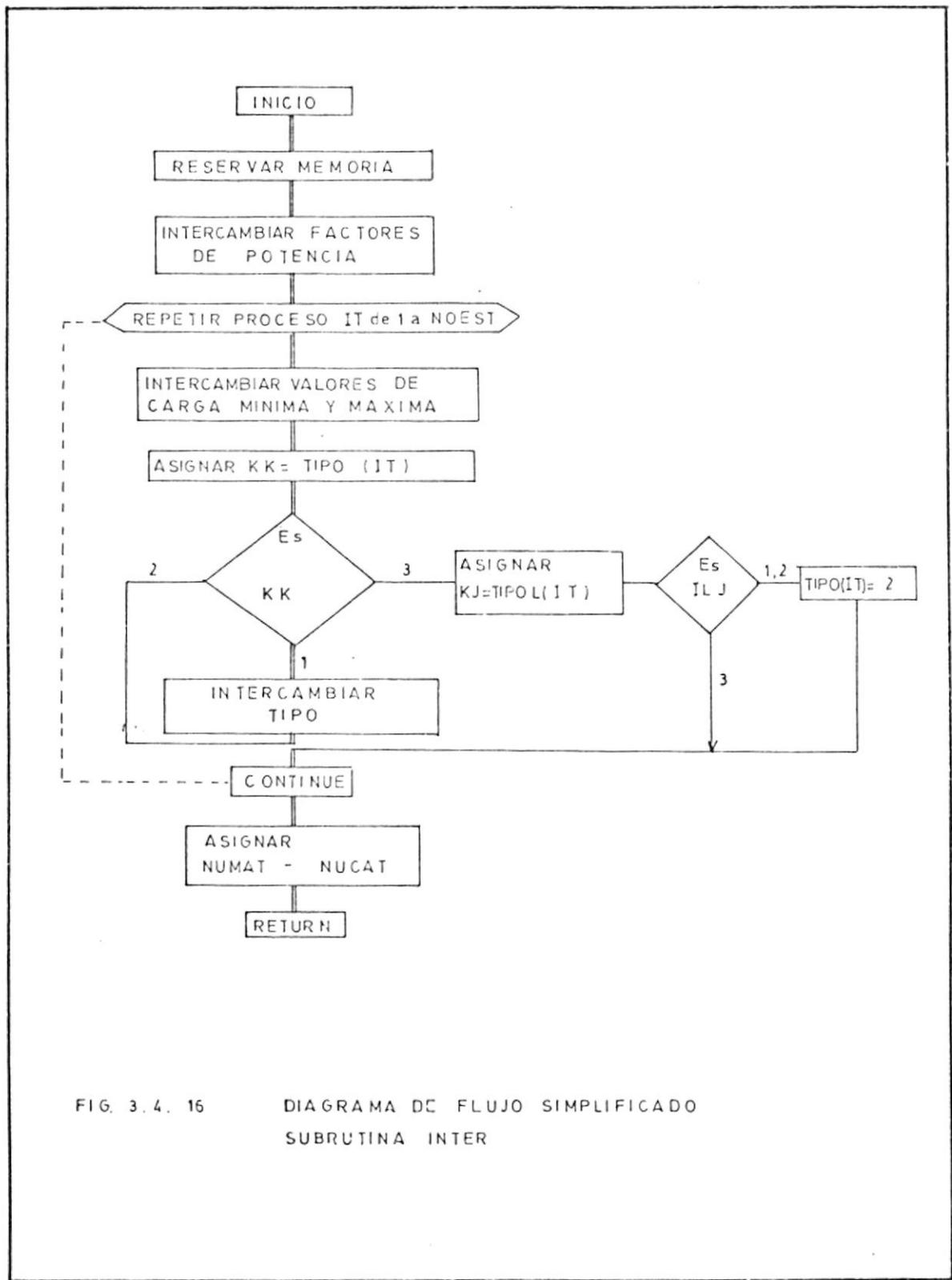


FIG. 3.4. 16

DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO
SUBROUTINA INTER

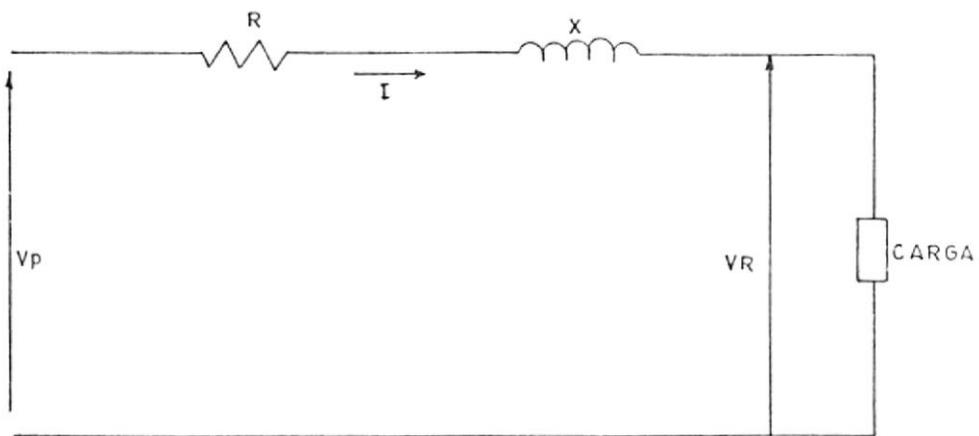


FIG. 3.4.17. REPRESENTACION DE UN SISTEMA SIMPLE
FUENTE - LINEA - CARGA

descendente.

- 2.- Se verifica la ubicación de cada estación asignándole un nivel de acuerdo si ésta se encuentra en la alimentadora principal (1) o en un ramal secundario (2 - 5) de acuerdo al orden en que se den las estaciones de estos ramales. Esta asignación la realiza la subrutina GRADO.
- 3.- Se determina la distancia entre cada estación y la subestación llamando a la subrutina DISTA
- 4.- La subrutina RAMAL determinará el número de ramales que es como máximo 6, por los 6 valores numéricos asignados al número de estación. Además ubicará la primera y la última estación en cada ramal.

hasta este paso son cálculos comunes tanto para carga máxima como mínima, a continuación se realizan cálculos que dependen de la carga, sea máxima o mínima y que si se han ubicado o no los bancos de capacitores (antes o después)

- 5.- Se calculan las cargas totales después de cada estación, lo que significa que se tiene la suma de todas las cargas en el punto donde se encuentra cada estación.

Se tomará en consideración estaciones que son de tipo (1) o la suma será en (KW), esta suma lo realiza la subrutina CORR

- 6.- Con ayuda de la subrutina PERD calcularemos:
 - a) la caída de voltaje entre estaciones

Considerando la fig. 3.4.17., se tiene que vectorialmente

$$V_p = V_r + ZI$$

Donde:

$$Z = R + jX$$

Y la corriente de carga

$$I = \frac{PKW}{\sqrt{3} V_r \cos\phi}$$

- Siendo: V_p = Tensión al principio de la línea (voltios)
 V_r = Tensión en el extremo de recepción o de carga (voltios)
 I = La corriente activa de la carga (Amp.)
 PKW = La potencia activa de la carga (Watt'os)
 $\cos\phi$ = Factor de potencia de la carga.

Para un factor de potencia en atraso se puede expresar por medio de un diagrama vectorial como se muestra en la fig. 3.4.-18a de donde la magnitud de la tensión al principio de la línea se obtiene como:

$$V_p = \sqrt{(V_r \cos\phi + I_r \sin\phi + I_x)^2}$$

Siendo la caída de tensión IZ

$$IZ = E = \bar{V}_p - \bar{V}_r$$

Si denotamos por θ el ángulo entre la tensión al principio de la línea V_p y la corriente I y se toma como referencia el vector V_r con el objeto de estimar la tensión en el extre

mo receptor en función de la caída de tensión es representado en la fig. 3.4.18b.

Practicamente la diferencia entre OC y OF es pequeña por tanto

$$OC = OF$$

Del diagrama de la fig. 3.4.18b

$$E = \overline{V}_p - \overline{V}_r = AF$$

$$\overline{AF} = \overline{AE} + \overline{AF}$$

Siendo:

$$AE = IR \cos\phi$$

$$EF = IX \sin\phi$$

Entonces: $AF = IR \cos\phi + IX \sin\phi$

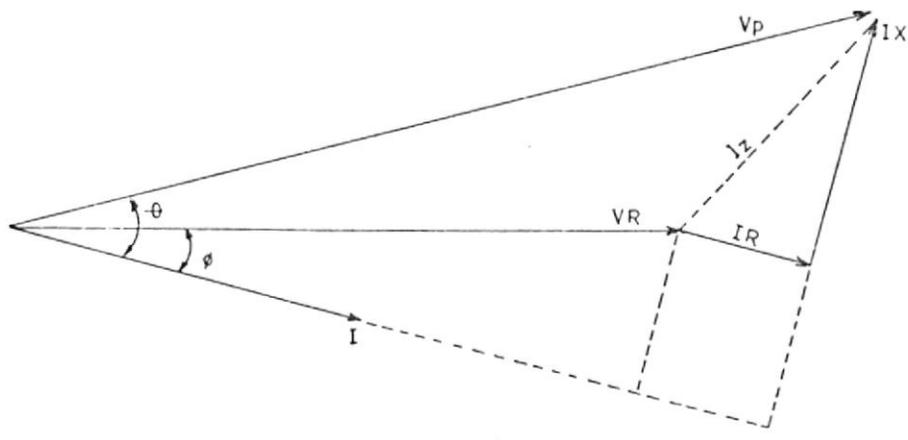
y la Caída de tensión: $AF = E = IR \cos\phi + IR \sin\phi$

$$E = I(R \cos\phi + X \sin\phi) \text{ (Voltios)}$$

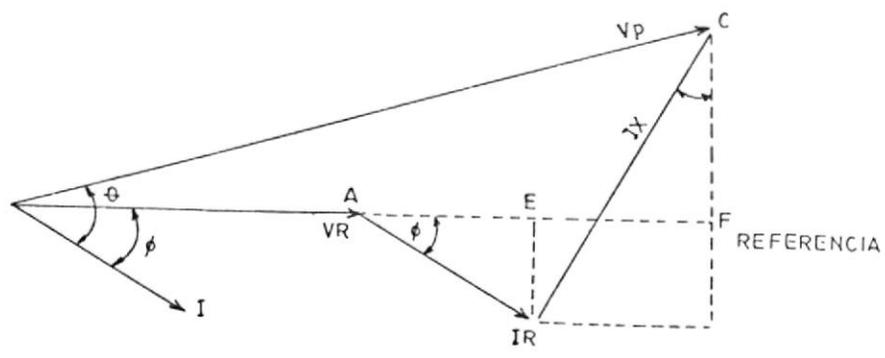
Esta es una forma aproximada de calcular la caída de tensión y la regulación de tensión será:

$$\text{REGUL} = \frac{I (R \cos\phi + X \sin\phi) 100}{V_r}$$

Basado en la expresión anterior para el cálculo de la regulación de tensión se desarrolla el método de VOLT-AMPRIO - OHM



(a)



(b)

FIG 3.4.18 DIAGRAMAS VECTORIALES

$$CAIDA = DIST * FCAID * AKVA * DFAC \quad (\text{Voltios})$$

Donde:

DIST = Distancia a la estación anterior (Km o Mt)

AKVA = Carga total conectada en la estación (amp)

DFAC = Factor de conversión

FCAID = Factor de caída (Volts/Amp x 100 Mts) siendo

$$FCAID = \sqrt{3} (R \cos\phi + X \sin\phi)$$

- b) Se calcula la caída de voltaje entre cada estación y la subestación realizando una sumatoria de caída desde la estación considerada la subestación y llamándose CDSUB a la variable.
- c) El voltaje en cada estación, que será la diferencia entre el voltaje efectivo (en la subestación) y la sumatoria de caída llamándose VOLT a la variable.

$$VOLTS = VSUB - CDSUB$$

- d) La regulación de tensión en cada estación; asignada como REGUL será igual a la diferencia entre el voltaje efectivo (VSUB) y el voltaje en la estación, (VOLTS) dividido para (VOLTS) y toda la expresión multiplicada por 100 para dar en tanto por ciento.

$$REGUL = \frac{(VSUB - VOLTS) * 100}{VOLTS}$$

- 7.- En este paso se imprimen los resultados antes de ubicación de capacitores con ayuda de la subrutina SALI
- 8.- Se grafica el perfil de voltaje de la alimentadora principal, antes de ubicar bancos de capacitores por medio de la subrutina GRAF, tomando como tensión de referencia al voltaje BASE alrededor del cual se graficará en un margen de 30% a 20% de BASE VERSUS, la distancia sea en Km o Mt, se realiza la aproximación de la recta para representar la caída entre estaciones. Esta subrutina llamará a ARCAR donde se ubicará la letra X, en la posición correspondiente.
- 9.- Se calculan los parámetros necesarios por medio de la subrutina PARAM
- a) La cantidad normalizada de regulación de voltaje definida como:

$$V_{pu} = V_1 - V_2$$

Donde:

V_1 = Voltaje en la última estación del ramal en consideración

V_2 = Voltaje deseado determinado por medio del porcentaje de regulación deseado (PORCE)

b) Las relaciones:

$$V_2 = \frac{V_{SUB}}{1 + PORCE}$$

$$H = \frac{I_r}{I_I} \quad P = \frac{RES}{XEQ} \quad D = H * P$$

Donde:

I_r = Corriente Activa (Amp)

I_I = Corriente Reactiva (Amp)

10.- Se determinará el número de bancos de capacitores por medio de la subrutina NUBCO

1) Se compara si el porcentaje de regulación de voltaje de la última estación está dentro del rango deseado en cuyo caso no se procederá a calcular el número necesario de bancos de capacitores.

2) Se puede analizar el método desarrollado para determinar esta cantidad.

Estas cantidades normalizadas son obtenidas calculando la diferencia entre los valores antes y después de la aplicación del capacitor dividida para el valor anterior de dicha aplicación.

Por lo tanto la reducción de pérdidas por unidad en:

$$P_{pu} = \frac{P_1 - P_2}{P_1}$$

Donde:

P_1 = Reducción de pérdidas antes de la ubicación de bancos de capacitores

P_2 = Reducción de pérdidas después de la ubicación de bancos de capacitores.

Y la mejora de voltaje por unidad es:

$$V_{pu} = \frac{V_1 - V_2}{V_1}$$

Donde:

V_1 = Caída de tensión antes de la aplicación de bancos de capacitores

V_2 = Caída de tensión después de la aplicación de bancos de capacitores.

REDUCCION DE PERDIDAS PICO CON UN SOLO BANCO DE CAPACITORES:

Para una alimentadora con la distribución uniforme de corriente reactiva mostrada en la figura 3.4.19a, las pérdidas debido a la corriente reactiva está dada:

$$P_1 = \frac{I_I^2 R}{3}$$

Donde I_I es la componente reactiva de la corriente en el extremo de envío y R es la resistencia total de la línea. Cuando un capacitor es adicionado en algún punto (a) desde el extremo de envío con una corriente I_C luego la distribución de la corriente a lo largo de la línea es mostrada en la fig. 3.4.19b.

$$P_2 = \frac{I_I^2 R}{3} - 2I_I I_C a R + I_C^2 a R + I_I I_C a^2 R$$

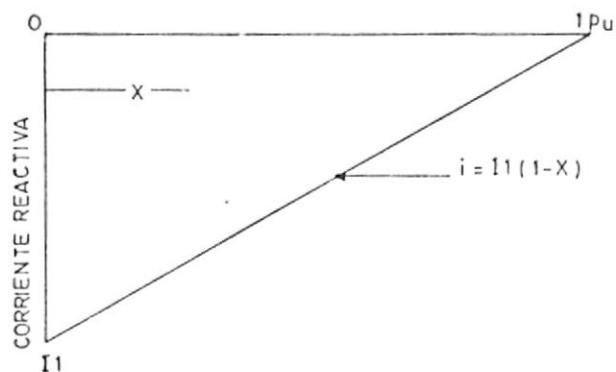


FIG. 2.4.19a LINEA CON CORRIENTE REACTIVA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

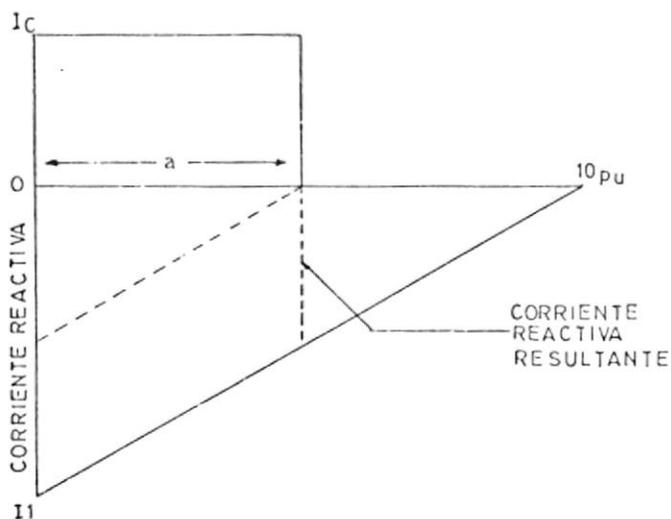


FIG 3.4.19b LINEA CON CORRIENTE REACTIVA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA, CONTENIENDO UN CAPACITOR CON CORRIENTE I_c LOCALIZADA A UNA DISTANCIA (a) DESDE EL EXTREMO DE ENVIO

La componente por unidad de pérdidas se convierte en:

$$P_{pu} = \frac{3(2I_I I_C^2 aR - I_I I_C a^2 R)}{I_I^2 R}$$

Haciendo $K = I_C/I_I$ nos queda $P_{pu} = 3aK(2 - a - K)$

El tamaño y la localización del capacitor para optimizar la reducción de pérdidas es obtenida tomando la derivada parcial de P con respecto a: a y K igualando a cero (0) y resolviéndola simultáneamente. Estos valores óptimos son:

$$a = 2/3 \text{ y } K = 2/3$$

Esto nos da que los KVAR del capacitor es los 2/3 de los KVAR pico y localizados a 2/3 de la distancia del alimentador, sustituyendo estos valores nos dá: $P_{opt} 8/9 pu$. Se ha obtenido así una reducción de pérdidas del casi 90% debido a la corriente reactiva con la utilización de un sólo banco de capacitor.

MEJORA DEL VOLTAJE CON UN SOLO BANCO DE CAPACITOR:

Para inculir las mejoras de voltaje en esta evaluación se requiere estudiar el cambio del voltaje debido al capacitor. La disminución del voltaje de la carga desde la fuente de voltaje es una cantidad importante. Esto nos lleva a examinar el cambio y la magnitud de la caída de voltaje debido a la aplicación de un capacitor. Esta caída de voltaje es aproximada como:

$$V = IR \cos\theta + IX \sin\theta$$

Donde:

I = Es la corriente de línea (Amp)

R = Es la resistencia total de la línea (\sim)

X = Es la reactancia total de la línea (\sim)

$\theta = \tan^{-1} I_I/I_R$

V = Caída de tensión (Voltios)

I_I = Componente reactiva de la corriente de línea (Amp)

I_R = Componente activa de la corriente de línea (Amp)

En términos de I_R y I_I la ecuación anterior puede ser escrita como un diferencial de la caída de voltaje a lo largo de la línea de longitud L como:

$$\frac{dv}{dx} = -\frac{I_R (L-x)}{L} \frac{R}{L} + \frac{I_I (L-x)}{L} \frac{X}{L}$$

Integrando la ecuación anterior para la longitud de la línea obtenemos la caída de voltaje antes de la aplicación del capacitor como:

$$V_1 = -\frac{I_I X}{2} + \frac{I_R R}{2}$$

Donde I_R es la componente en fase de la corriente de la alimentadora para un banco de capacitores localizados a un punto (a) desde el extremo de envío y dando una corriente I_C , la

caída de voltaje es:

$$V_2 = \frac{I_I X}{2} - a I_C X + \frac{I_R R}{2}$$

La mejora de voltaje en por unidad normalizada se convierte en:

$$V_{pu} = \frac{2aI_C X}{I_I X + I_R R}$$

Es obvio que el valor de (a) para una V_{pu} máximo es 1 en pu como se esperaba.

COMPORTAMIENTO CONSIDERANDO AMBAS, PERDIDAS PICO Y MEJORA DE VOLTAJE

Estamos interesados con la optimización de la reducción de pérdidas y mejoras de voltaje juntos. Esto es realizado definiendo un índice básico de comportamiento en por unidad como:

$$PI_{pu} = P_{pu} + V_{pu} \alpha$$

Donde α es un factor tomado arbitrariamente.

Sustrayendo en la expresión para P_{pu} y V_{pu} en la ecuación anterior nos dá:

$$PI_{pu} = \frac{6aI_I I_C R - 3aI_C^2 R - 3a^2 I_I I_C R}{I_R^2 R} + \frac{2 a I_C X \alpha}{I_I X + I_R R}$$

Definiendo $h = I_R/I_I$ y $T = R/X$ con $K = I_C/I_I$ da:

$$PT_{pu} = 6aK - 3aK^2 - 3a^2K + \frac{2\alpha aK}{1+hT}$$

Tomando derivada parcial con respecto a a y K y resolviendo nos dá:

$$a = \frac{2}{3} + \frac{2\alpha}{9(1+hT)}; K = a$$

Como se esperaba incluyendo la mejora de voltaje en el índice del comportamiento se requiere que el banco de capacitor sea ubicado fuera del alimentador y que su tamaño sea incrementado por el mismo factor.

Para igual consideración en reducción de pérdidas pico y mejora de voltaje ($\alpha = 1$), luego el valor óptimo de a y K son:

$$a = K = \frac{2}{3} + \frac{2}{9(1+hT)}$$

Los valores de h y T , son determinados por el alimentador y carga antes de la corrección; pero manteniéndose en el rango de hT 1 como se esperaba. Para esta condición $a = K = 7/9$, comparado con $2/3$ cuando solamente la pérdida de pico fue considerada.

REDUCCION DE LA PERDIDA DE ENERGIA CON UN SOLO BANCO DE CAPACITORES

Los resultados para este punto están basados en condiciones pico

o un factor de carga 1 es asumido. Optimizando para esta condición resultará en un aumento en las pérdidas para alimentadoras con factores de carga pequeña. Por lo tanto, el cambio resultante considerando un cambio de carga será analizado en este punto.

La corriente reactiva es asumida, a variar en etapas en por unidad en valores D_1 para un intervalo de tiempo T_1 , D_2 para un intervalo de tiempo T_2 , etc., esto es graficado en la fig. 3.4.20.

Efectuando la integración necesaria en una ecuación diferencial de energía con un banco de capacitores localizados a una distancia a en por unidad desde el extremo emisor nos dá:

$$P_2 = a I_I I_C^2 R (D_1 T_1 + D_2 T_2 + \dots + D_n T_n) - 2a I_I I_C^2 R (D_1 T_1 + D_2 T_2 + D_n T_n) + a I_C^2 R (T_1 + T_2 + \dots + T_n) + \frac{1}{3} I_I^2 R (D_1^2 T_1 + D_2^2 T_2 + \dots + D_n^2 T_n)$$

Sin el capacitor la pérdida de energía es:

$$P_1 = \frac{1}{3} I_I^2 R (D_1^2 T_1 + D_2^2 T_2 + \dots + D_n^2 T_n)$$

Normalizando las pérdidas en por unidad queda:

$$P_{pu} = \frac{3}{u} (2aKV - a^2KV - a K^2W)$$

Donde:

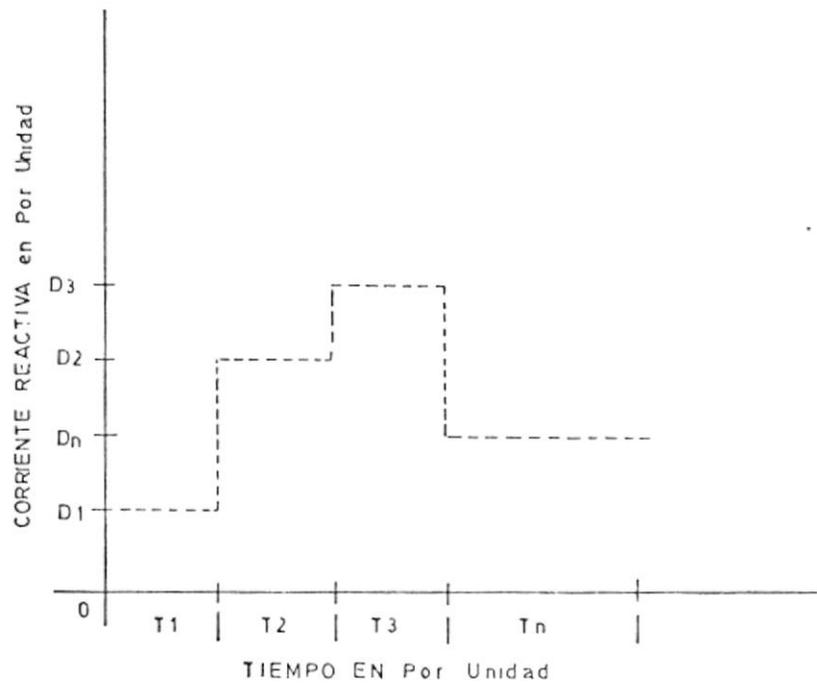


FIG. 3. 4. 20.

UNA PARTE DEL CICLO DE CARGA REACTIVA

$$V = (D_1 T_1 + D_2 T_2 + \dots + D_n T_n)$$

$$U = (D_1^2 T_1 + D_2^2 T_2 + \dots + D_n^2 T_n)$$

$$W = T_1 + T_2 + \dots + T_n$$

Determinando el valor óptimo de \underline{a} nos dá:

$$a = 2/3; K = -\frac{2V}{3W} = a \text{ (LF)}$$

Examinando la relación V/W muestra que éste da el promedio pu de la energía la cual es igual al factor LF. Esto indica que la localización no es afectada pero si el valor de la corriente del capacitor pudiendo reducirse una cantidad dependiendo del factor de carga.

Ahora considerando la influencia de la variación de carga sobre la mejora de voltaje resulta en la ecuación en pu siguiente:

$$V_{pu} = \frac{2aI_c X W}{V(I_I X + I_r R)}$$

Procedimiento como antes a definir el índice de comportamiento como:

$$PT_{pu} = P_{pu} + \alpha V_{pu}$$

(Lo cual incidentalmente tiende a un valor en pu de 2) y opti-

mizando encontramos a y K como:

$$a = \frac{2}{3} + \frac{2 (SF) \alpha}{9(1+hT) (LT)^2} : K = a (LF)$$

Donde SF = u/w y es definida como el promedio de pérdidas, a la pérdida pico. Esto es llamado también el factor de pérdidas. La consideración de la energía muestra una variación tanto en la localización como también en el tamaño.

REDUCCION DE PERDIDAS Y MEJORAS DE VOLTAJE CON DOS BANCOS DE CAPACITORES

La mejora es similar al caso de un capacitor excepto el tamaño y localización de cada uno de los bancos deseados. Para reducción de pérdidas pico solamente los valores óptimos son:

$$K_1 = K_2 = 2/5 \text{ y } a = 2/5 ; b = 4/5$$

Donde b es la distancia del segundo banco de capacitores y $K_1 ; K_2$, son los valores en pu de los KVAR capacitivos a usarse. La máxima reducción de pérdidas será $P_{pu} = 24/25$. Está representa un aumento en la reducción de pérdidas que para el caso de un sólo capacitor localizado es 8/9 a 24/25, o cerca de 8% de aumento, Ya que el factor de potencia de la S/E de distribución es usualmente corregido en el rango de 0.9, la localización de KVAR capacitivo adicional fuera del alimentador afecta solamente en el costo adicional de montaje sobre postes adicionales. En efecto es probable que

todos los capacitores pueden no ser colocados sobre un conjunto de postes de todos modos estos resultados muestran la manera óptima en la cual ellos deben de ser distribuidos.

Si para la reducción de energía se considera el criterio analizado en pérdida pico los valores óptimos se convierten en $a = 2/5 = b/2$ y $K_1 = K_2 = 2/5 (LF)$. Nuevamente la incidencia de considerar la energía solamente afecta el tamaño del capacitor reduciéndolo por el factor de carga LF.

Cuando la mejora de voltaje es incluida en el índice de comportamiento la localización óptima para el primer banco de capacitores es incrementada por el término $2 \propto (SF)/15 (1 + hT) (LF)^2$. Para el segundo banco de capacitores la localización es aumentada por $4 \propto (SF)/15 (1 + hT) (LF)^2$ mientras que los tamaño de cada uno son los mismos.

Estos resultados son:

$$a = \frac{2}{5} + \frac{2 \propto (SF)}{15(1+hT) (LF)^2}$$

$$b = 2a$$

$$K_1 = K_2 = \frac{2}{5} (LF) + \frac{2 \propto (SF)}{15(1+hT) (LF)}$$

REDUCCION DE PERDIDAS Y MEJORAS DE VOLTAJE CON BANCOS DE CAPACITORES

Esto puede demostrarse extendiéndose el desarrollo a 3 capa-

citores resultando que el tamaño óptimo de cada uno será igual.

Para el caso de la energía los resultados para la localización óptima es:

$$a_1 = 1 - \frac{K_c (2N - 1)}{2(LF)}$$

Donde N es el número total de bancos de capacitores, K_c es el tamaño del banco de capacitor en cada localización del capacitor más próximo al extremo emisor del alimentador.

$$a_2 = 1 - \frac{K_c (2N - 3)}{2(LF)}$$

Donde a_2 es la localización del segundo banco de capacitor desde el extremo emisor.

$$a_g = 1 - \frac{K_c [1 + 2(N - g)]}{2(LF)}$$

Donde a_g es la localización de cualquier banco g^{th} desde el extremo de envío y finalmente.

$$a_N = 1 - \frac{K_c}{2(LF)}$$

De la serie generada resolviendo a_n y K_n cuando $N = 1, 2, 3, \text{ y } 4$. los resultados a continuación son obtenidos.

$$K = a_N (LF) \text{ o } K_c = \frac{a (LF)}{N}$$

Con estos resultados se sustituyen en la ecuación para a_g y obtenemos.

$$a_g = \frac{2g}{2N + 1}$$

Donde N es el número total de los bancos capacitores, también

$$K_c = \frac{K}{N} = \frac{2(LF)}{2N + 1}$$

Donde K_c es el valor en pu de la corriente capacitiva en cada ubicación cuando el término mejora de voltaje es incluido en el índice de comportamiento el tamaño óptimo y localización para N ubicaciones tenemos.

$$a_g = 1 - \frac{K_c}{2(LF)} [1 + 2(N - g)] + \frac{\alpha(SF)}{3(1+hT)(LF)^2}$$

$$K_c = \frac{a_N(LF)}{N} = \frac{a_g(LF)}{g}$$

El valor a_N puede ser despejado por la sustitución de la ecuación para a_g

La influencia de incluir al término mejora de voltaje es el mover los capacitores más lejos a lo largo de la línea e incrementar sus tamaños.

Sustituyendo la ecuación para K_c en la ecuación a_g directamente sin determinar K_c .

$$a_g = \frac{2g}{2N + 1} + \frac{2g \alpha (SF)}{3(2N+1)(1+hT)(LF)^2}$$

RESULTADOS:

Analizando los resultados es conveniente inicialmente considerar separadamente reducción de pérdidas y mejora de voltaje y luego notar la diferencia de combinar estos en un índice de comportamiento.

Para la reducción de pérdidas de pico los resultados obtenidos muestran que la ubicación de los capacitores a lo largo de la línea y el valor de la potencia reactiva capacitiva total sobre una base en pu están simplemente relacionados.

Ya que los tamaños de cada uno son iguales, por tanto $K = nK_c$ donde N es el número total de bancos.

Cuando la reducción de pérdidas es considerada el valor de la potencia reactiva capacitiva en pu es afectada pero la localización no. También el valor de la máxima reducción en pu es afectada,. Esta condición resulta en K_c siendo dada como.

$$K_c = \frac{2(LF)}{2N + 1}$$

Donde LF es el factor de carga igualmente K es multiplicada por el factor de carga.

$$K = \frac{2N(LF)}{2N + 1}$$

Y la reducción de energía pérdida en pu está dada por

$$P_{pu} = \frac{[(2N + 1)^2 - 1] LF^2}{(2N + 1)^2 (SF)}$$

Ya que $(LF) < SF$ luego la reducción de pérdida en pu es reducida comparada con la reducción de pérdida pico. Sin embargo pocas alimentadoras tienen una carga constante de tal manera que la variación de carga es realista.

Examinando la mejora de voltaje V_{pu} muestra que:

$$V_{pu} = \frac{P_{pu}}{(1 + hT)}$$

Donde $h = I_R/I_I = \cot$ del factor de potencia del alimentador antes de la corrección y $T = R/X =$ relación de resistencia y reactancia del alimentador. El valor de hT es esperado éste en el rango de 1 a 2, combinando la reducción de pérdida de energía y mejora de voltaje juntos da el índice de comportamiento definido como:

$$PI_{pu} = P_{pu} + \alpha V_{pu}$$

Para este índice de comportamiento la localización y tamaño del capacitor es dada como:

$$a_g = \frac{2g}{2N + 1} \left[1 + \frac{(SF)}{3(1 + hT) (LF)^2} \right]$$

TABLA I

N	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	K_c	K	$L_{pu}(\text{Máx})$
1	2/3	--	--	--	--	2/3	2/3	8/9
2	2/5	4/5	--	--	--	2/5	4/5	24/25
3	2/7	4/7	6/7	--	--	2/7	6/7	28/49
4	2/9	4/9	6/9	8/9	--	2/9	8/9	80/81
5	2/11	4/11	6/11	8/11	10/11	2/11	10/11	120/121

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$$n \quad \frac{2}{2n+1} \quad \frac{2n}{2n+1} \quad \frac{2}{2n+1} \quad \frac{2n}{2n+1} \quad \frac{(2n+1)-1}{(2n+1)}$$

11.- Utilizando las expresiones halladas en el párrafo anterior obtenemos la ubicación y tamaño óptimo de cada banco en cada ramal con la utilización de las siguientes ecuaciones:

$$A = \frac{2 * M}{2N + 1} * \frac{2 * M * FACPE}{3(2N+1) (1+D) FACCA}^2$$

Donde:

A = Localización del banco considerado en pu

M = Número del banco considerado

N = Número total de bancos de capacitores calculados

D = H * T, definido en párrafo 9

FACCA = Factor de carga

FACPE = Factor de pérdidas

Por lo tanto la distancia del banco será:

$$DICAP = A * L \quad (\text{Km o Mt})$$

Siendo I_I = Corriente reactiva total del ramal considerado.

Procedemos a calcular el nuevo factor de potencia en la subestación con la inclusión de los bancos de capacitores por medio de la siguiente expresión:

$$FACPN = PKW/PKVA$$

$$PKVA = \sqrt{PKW^2 + (PKVAR - CKVAR)^2}$$

Donde:

FACPN = Nuevo factor de potencia

PKW = Carga total en KW

CKVAR = Capacidad total de los bancos conectados en
Kvar

PKVAR = Carga total en Kvar

- 12.- Con la subrutina CHQ procedemos a ubicar los bancos capacitores en la estación más próxima.
- 13.- En este paso se recalculará, lo analizado en los párrafos 5 y 6.
- 14.- Se obtendrá la Tabla II con la subrutina SALID después de la ubicación y con la subrutina GRAF a representar el perfil de voltaje en la alimentadora principal.
- 15.- Se intercambiará los datos para el cálculo de carga máxima dejando conectados los bancos fijos si estos fueran necesarios en el proceso para carga mínima.

Se repetirán los cálculos a partir del párrafo 5 al 14 para el análisis de carga máxima.

3.5. EJEMPLO DE APLICACION

Se ha seleccionado el sistema mostrado en la fig. 3.5.1. con los siguientes datos de entrada:

FACTORES NECESARIOS

- FACPO y FACPL: Los Factores de potencia tanto para carga mínima y carga máxima utilizados es 0.8 en retraso.
- FACUT y FACTUL: Factores de utilización para carga mínima y carga máxima igual a 1, debido a que se ha tomado la distribución de carga a las horas de mínima y máxima demanda
- PORCE: La regulación de voltaje deseado es 10%, lo que significa que en extremo de recepción se obtiene una tensión mayor o igual a 12,54 KV
- FACPE: Factor de pérdidas es asumido 1.0, propio del sistema
- FACCA: Factor de carga es asumido 1.0, considerando variación uniforme de carga.

VOLTAJES

- BASE: Se escoge 13.8 KV, valor nominal de tensión
- VSUB: Tensión en la subestación 13.8 KV
- VALM: Tensión a la que se entrega la energía 13.2 KV.

DATOS DE DISTANCIA

- UNDI: Las distancias están dadas en Km
- DFAC: Factor de conversión, en este caso al estar UNDI, dado en Km, es igual a 10.

CONDUCTORES:

Para el sistema considerado se ha tenido 2 Tipos de Conductores

(NOFCN = 2), siendo estos:

a) # 2 - Cu ; CNDNO = 1; RES = 0.0569 Ω /100 Mts.; XEQ = 0.0444 Ω /100

Mts.

b) # 6 - Cu ; CNDNO = 2; RES = 0.1410 Ω /100 Mts; XEQ = 0.0480
 Ω /100 Mts.

ESTACIONES:

El sistema se compone de 17 estaciones (NOEST = 17); incluyendo la Subestación, con las siguientes características:

- Tanto para carga mínima y máxima en todas las Estaciones se encuentran conectadas solamente cargas en KW de donde:

TIPO = 1 y TIPOL = 1; Para cada una de ellas

- A continuación se Tabulan los Datos necesarios para cada Estación:

NUMERO DE ESTACIONES	DISTANCIA ENTRE ESTACIONES (KW)	CARGA MINIMA (KW)	CARGA MAXIMA (KW)
001.11 1	0.00	0.00	0.00
101.111 2	1.80	10.00	10.00
201.111 3	4.00	10.00	10.00
301.111 4	2.20	0.00	0.00
310.000A 5	1.20	30.00	30.00
310.000B 6	4.50	14.00	14.00
310.000C 7	3.80	13.00	13.00
310.000D 8	1.20	35.00	35.00
310.000E 9	11.90	65.00	65.00
310.000F10	1.20	215.00	215.00

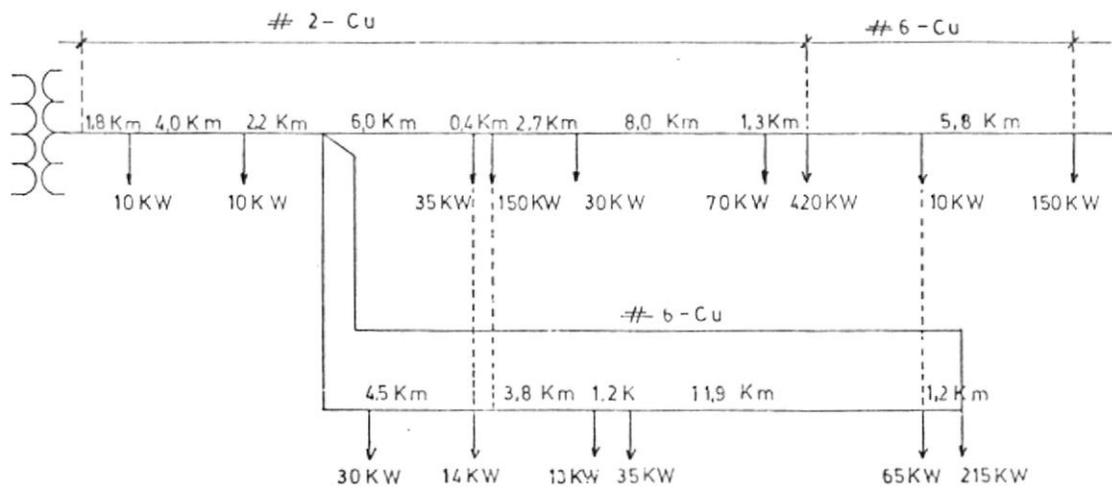
401.111 11	6.00	35.00	35.00
501.111 12	0.40	180.00	180.00
601.111 13	2.70	30.00	30.00
701.111 14	8.00	70.00	70.00
801.111 15	1.30	420.00	420.00
901.111 16	4.20	10.00	10.00
1001.11117	5.80	150.00	150.00

Al disponerse únicamente de los valores de carga máxima, a estos se utiliza también para carga mínima, para la ejecución correcta del programa.

La Estación 4, es creada para la localizar el arranque del ramal 2, por tanto no existe carga conectada a ella.

En el número de Estación se ha ubicado al número cero, para el caso de la Alimentadora Principal (RAMAL 1), en la segunda posición, por lo que para el Ramal 2, se ha hecho necesario ubicarlo en la posición tercera.

Para el Ramal 2, las letras en el número de Estación definen la localización dentro del Sistema de Potencia.



F.P. DE CARGA = 80 %.

FIG. 3.5.1. DISTRIBUCION DE CARGA EN HORA PICO
(SIN CONDENSADORES ;

DATOS DE ENTRADA

KELLY E005

DATE 82/01/29 TIME 19.05

// REGION SIZE=30

// LOAD UBCAP

// RUN

0.60.1.00.0.90.1.00.0.10.1.00.1.00

13800.13800.13200.

10.

KM

2

1.0.0569.0.0444

2.0.1410.0.0460

17

0.0.1.1.1.1.1.1.1.00.0.0.0.1.0.00

1.0.1.1.1.1.1.1.1.10.0.1.8.1.10.0

2.0.1.1.1.1.1.1.1.10.0.4.0.1.10.0

3.0.1.1.1.1.1.1.1.0.2.2.1.0.0

3.1.0.0.0.0.2.1.30.0.1.2.1.30.0

A

3.1.0.0.0.0.2.1.14.0.4.5.1.14.0

B

3.1.0.0.0.0.2.1.13.00.3.9.1.13.00

C

3.1.0.0.0.0.2.1.35.00.1.2.1.35.00

D

3.1.0.0.0.0.2.1.65.00.11.9.1.65.00

E

3.1.0.0.0.0.2.1.215.00.1.2.1.215.00

F

4.0.1.1.1.1.1.1.1.35.00.6.0.1.35.00

5.0.1.1.1.1.1.1.1.100.0.4.1.100.0

6.0.1.1.1.1.1.1.1.70.0.2.7.1.70.0

7.0.1.1.1.1.1.1.1.70.0.8.1.70.0

8.0.1.1.1.1.1.1.1.420.1.3.1.420.

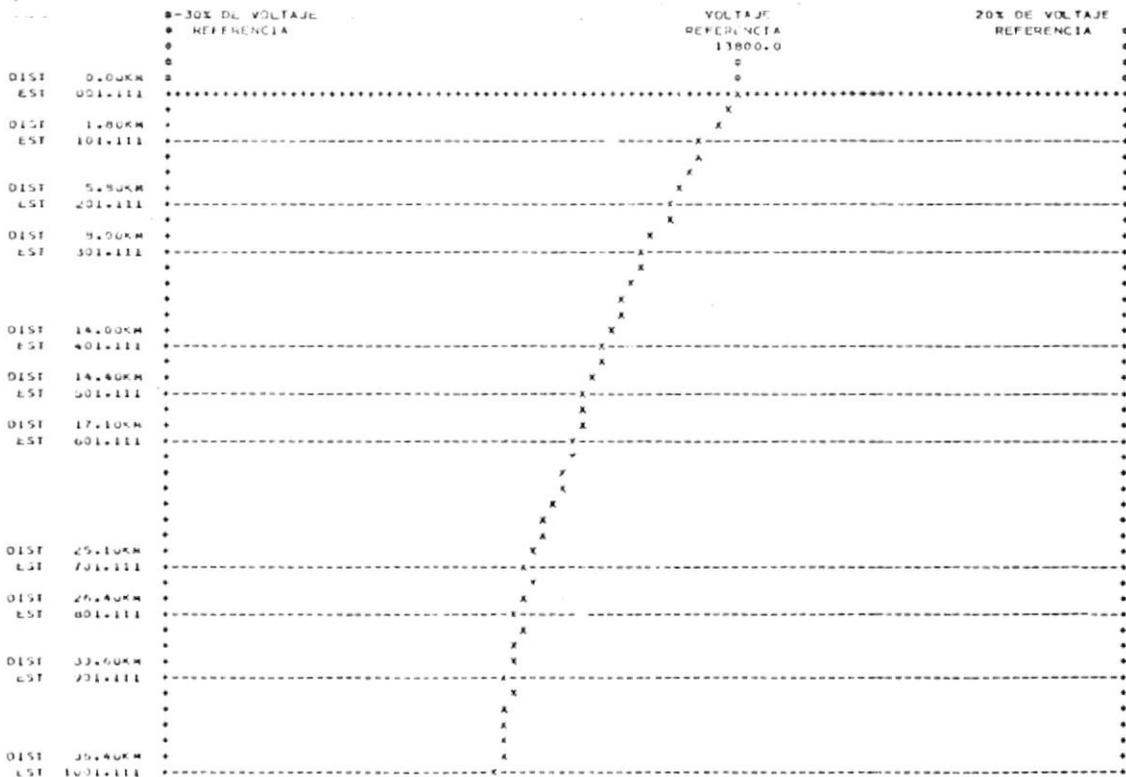
9.0.1.1.1.1.2.1.10.0.4.2.1.10.0

10.0.1.1.1.1.2.1.150.0.5.0.1.150.0

***** RESULTADOS ANTES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES FIJOS *****

NÚMERO DE LA ESTACION	DISTANCIA ENTRE ESTACIONES [KM]	DISTANCIA A LA SUBESTACION [KM]	CAIDA DE VOLTAJE [VOLTS]	CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE [VOLTS]	CARGA [KWT]	% REGULACION
001.111 1	0.00	0.00	0.000	0.000	13800.00	0.00	0.00
101.111 2	1.80	1.80	158.301	158.301	13641.70	10.00	1.16
201.111 3	4.00	5.80	349.046	507.346	13292.65	10.00	3.82
301.111 4	2.20	4.00	190.472	637.818	13102.18	0.00	5.33
310.000A 5	1.20	9.20	59.858	757.676	13042.32	30.00	5.81
310.000B 6	4.50	13.70	206.195	964.041	12835.96	14.00	7.51
310.000C 7	3.80	17.50	167.131	1131.172	12668.83	13.00	8.93
310.000D 8	1.70	18.70	50.686	1181.858	12618.14	35.00	9.37
310.000E 9	11.90	30.60	446.720	1628.647	12171.35	65.00	13.38
310.000F 10	1.20	31.80	34.595	1663.243	12136.75	215.00	13.70
401.111 11	6.00	14.00	356.949	1054.767	12715.23	35.00	8.36
501.111 12	0.40	14.40	23.507	1080.274	12711.72	180.00	8.56
601.111 13	2.70	17.10	125.460	1213.733	12596.27	30.00	9.64
701.111 14	4.00	25.10	355.333	1569.066	12230.91	70.00	12.83
801.111 15	1.30	26.40	51.523	1620.589	12179.41	420.00	13.31
901.111 16	4.20	30.60	90.189	1710.698	12089.30	10.00	14.15
1001.111 17	5.40	36.40	116.557	1827.357	11972.64	150.00	15.26

***** GRAFICO ANTES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES FIJOS *****



***** RESULTADOS DESPUES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES FIJOS *****

FACTOR DE POTENCIA #1.000 FACTOR DE UTILIZACION #1.000
 FACTOR DE PERDIDAS #1.000 FACTOR DE CARGA #1.000

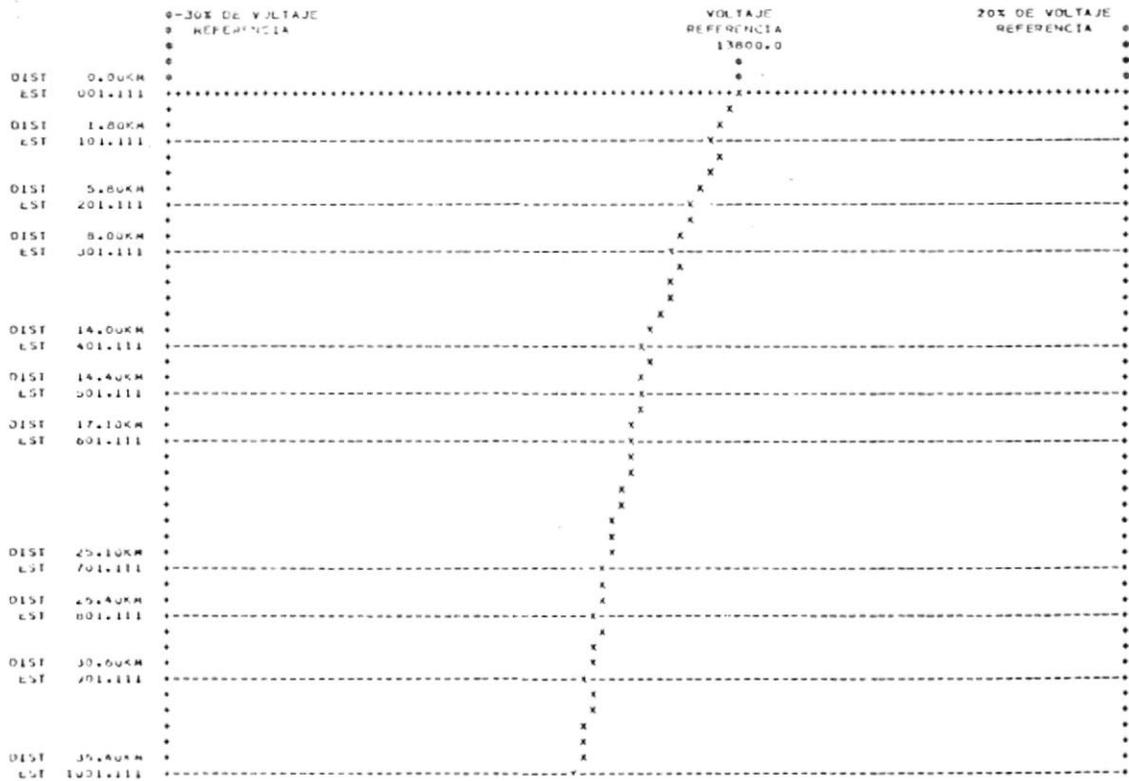
NUMERO DE LA ESTACION	CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VPLTS)	TIPO	% REGULACION
001.111 1	0.00	13900.00	1	0.00
101.111 2	102.24	13697.76	1	0.75
201.111 3	327.66	13472.34	1	2.43
301.111 4	453.47	13349.32	1	3.38
310.000A 5	424.05	13301.15	1	3.75
310.000B 6	664.25	13135.25	1	5.06
310.000C 7	799.47	13000.53	1	6.15
310.000D 8	848.27	12959.73	2	6.48
310.000E 9	1192.98	12600.12	1	9.52
310.000F 10	1227.72	12572.27	1	9.77
401.111 11	687.66	13112.34	1	5.24
501.111 12	732.84	13077.16	1	5.37
601.111 13	783.07	13016.13	1	6.02
701.111 14	1013.35	12755.65	2	7.93
801.111 15	1046.53	12751.37	1	8.21
901.111 16	1114.15	12660.94	1	8.83
1001.111 17	1213.35	12586.95	1	9.54

RANAL = 1 NUMERO DE CAPACITORES = 1 UBICACION DEL BANCO
 DISTANCIA DEL BANCO (KM) CAPACIDAD DEL BANCO (VAR) ESTACION N= 14
 25.91 718358.975

RANAL = 2 NUMERO DE CAPACITORES = 1 UBICACION DEL BANCO
 DISTANCIA DEL BANCO (KM) CAPACIDAD DEL BANCO (VAR) ESTACION N= 8
 22.64 207637.698

***** GRAFICO DESPUES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES FIJOS *****

EL AHORRO DE ENERGIA ES = 157092.5000000T \$/ANO
 COSTO DE ENERGIA EN \$/KWH
 RELACION DE TIEMPO DE DURACION DE LA CARGA EN UN DIA



***** EL SISTEMA NO NECESITA BANCOS DE CAPACITORES AUTOMATICOS *****

FACTOR DE POTENCIA *1.000

FACTOR DE UTILIZACION *1.000

FACTOR DE PERDIDAS *1.000

FACTOR DE CARGA *1.000

NUMERO DE LA ESTACION	CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO	Z REGULACION
001.111 1	0.00	13800.00	1	0.00
101.111 2	102.24	13697.76	1	0.75
201.111 3	327.66	13472.10	1	2.43
301.111 4	450.67	13349.43	1	3.18
310.000A 5	494.35	13301.15	1	3.75
310.000D 6	664.95	13154.05	1	5.06
310.000C 7	799.47	13000.53	1	6.15
310.000U 8	840.27	12959.73	2	6.48
310.000E 9	1199.88	12600.12	1	9.52
310.000F 10	1227.72	12572.27	1	9.77
401.111 11	687.66	13112.14	1	5.24
501.111 12	707.84	13097.16	1	5.37
601.111 13	783.87	13016.13	1	6.02
701.111 14	1013.35	12786.65	2	7.93
801.111 15	1046.63	12753.37	1	8.21
901.111 16	1119.15	12680.84	1	8.83
1001.111 17	1213.05	12586.79	1	9.64

EL RAMAL 1 NO NECESITA BANCOS AUTOMATICOS

EL RAMAL 2 NO NECESITA BANCOS AUTOMATICOS

***** EL SISTEMA NO NECESITA BANCOS DE CAPACITORES AUTOMATICOS *****

***** REFERIRSE AL GRAFICO ANTERIOR *****

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar mi Tesis de Grado, me siento seguro de haber podido concluir un trabajo que para mí, ha sido de mucho valor en el campo tecnológico, como es la Rama de la Ingeniería Eléctrica.

- 1) Con el afán de revisar trabajos de investigación que me ha permitido nuevos y mayores conocimientos y a la vez experiencia, me complace sobre manera haber logrado una obra dedicada a poner los cimientos que se dan en los primeros años de estudios universitarios, hasta el final de ésta carrera;
- 2) El arreglo de su contenido ha sido integramente revisado; lo cual me permite presentar este material para el que se ha tomado como base funciones fundamentales es decir, planeación y control ajustados a las necesidades de cualquier institución en lo que a electrificación se refiere, y;
- 3) Se incluyen, además los adelantos más recientes en otros terrenos relacionados con la electricidad.

Como Recomendación especial, a los nuevos estudiantes de esta interesante carrera, me permito sugerirles que:

- 1) Dada la importancia que tiene la aplicación práctica y debido a los adelantos tecnológicos que adquieren las ciencias es preciso recordarles que éste programa de computación sea ampliado a un sistema de potencia mayor, y;

- 2) Obtener un estudio más amplio de Regulación de Voltaje en los Sistemas de Potencia en Anillo.

A P E N D I C E S

APENDICE A

USO DEL PROGRAMA

El Programa se lo ha denominado UBCAP y se encuentra Grabado en DISKETTE con Formato para ser ejecutado con el Sistema IBM S - 34.

Para la entrada de Datos necesario se debe crear un procedimiento, que para el caso del ejemplo de aplicación se lo denomina KELLY (Ver listado).

Los valores son ingresados con Formato libre, esto es separados con comas, en el orden que se indica a continuación:

- FACPO, FACUT, FACPL, FACUL, PORCE, FACPE, FACCA
- BASE, VSUB, VALM
- DFAC
- UNDI
- NOFCN

Las líneas siguientes contendrán los datos de los conductores, que se ingresan dependiente de NOFCN

- CNDNO, RES, XEQ
- NOEST

Con respecto a las Estaciones el número de líneas de Datos es relacionado con NOEST

- EST 1, EST 2, EST 3, EST 4, EST 5, EST 6, CND, TIPO, CARGA, DIST, TIPOL

'CARGL

- EST 7

En el caso que no sea necesario tener un valor para EST 7 (Alfanumérico) se deja una línea en blanco.

Para la identificación de cada estación se dispone de un arreglo EST que contiene 7 elementos, por cada estación los cuales representan en su orden lo siguiente:

EST 1 = Valor que determina el número de estación, consta de 2 dígitos ya que el programa acepta 40 como máximo.

EST 2 = EST 3 = EST 4 = EST 5 = EST 6 = Valor que determina el número de Ramal de 1-5, si es ingresado un cero (0), en el orden que se dan cada uno de los elementos EST; en caso contrario se ingresa un uno (1).

EST 7 = Cantidad alfanumérica ayudará a dar el orden de estación dentro de un Ramal Secundario, pues en este caso el valor EST 1 es igual para todas las estaciones.

Por tanto tenemos que según el orden de variación del cero (0), la identificación de Estación por Ramal será:

RAMAL 1 : Número de Estación, 0, 1, 1, 1, 1

RAMAL 2 : Número de Estación, 1, 0, 1, 1, 1

RAMAL 3 : Número de Estación, 1, 1, 0, 1, 1

RAMAL 4 : Número de Estación, 1, 1, 1, 0, 1

RAMAL 5 : Número de Estación 1, 1, 1, 1, 0

Con respecto al orden de Estaciones dentro de un Ramal se especifica de la siguiente manera utilizando el elemento EST (7).

RAMAL 1

Primera Estación: Número de Estación 0, 1, 1, 1, 1, A

Segunda Estación: Número de Estación 0, 1, 1, 1, 1, B

tercera Estación: Número de Estación 0, 1, 1, 1, 1, C

Y así en adelante, hasta que se considere la última Estación.

APENDICE B

LISTADOS DEL PROGRAMA PRINCIPAL, SUBROUTINAS Y RESULTADOS DEL EJEMPLO DE
APLICACION

77 LAHA	R00000	01240	0057	02919	RLS	HC 0000	03000	004F	00070
77 AEU	RL 0000	00000	0000	00159	RLST	IC 0000	00100		
77 EST	HC 0000	00100	0000	00273	CND	HC 0000	00200	0123	00003
77 IIPD	HC 0000	00200	0000	00387	CARGA	HC 0000	00300	0011	01003
77 IIST	RL 0000	00300	0000	00501	NIWLL	IC 0000	00400	0501	01103
77 PSUJ	R00000	01300	0000	01015	NIAM	IC 0000	01000		
77 PRIM	HC 0000	01400	0000	01129	ULTIS	HC 0000	01100	0513	01505
77 ICARU	R00000	01500	0000	01243	FACUT	HC 0000	01200		
77 CAIDA	R00000	01600	0000	01357	EDSUS	HC 0000	01300	07F7	02039
77 VOLTS	R00000	01700	0000	01471	VSUU	HC 0000	01400		
77 FACUJ	RL 0000	01800	0000	01585	COHNY	HC 0000	01500	093F	02167
77 HGOUL	R00000	01900	0000	01699	FACHE	HC 0000	01600		
77 PALCA	RL 0000	02000	0000	01813	PAKX	HC 0000	01700	0A03	02503
77 NULAP	RL 0000	02100	0000	01927	NUCAT	IC 0000	01800		
77 UNUI	RL 0000	02200	0000	02041	INDIC	IC 0000	01900		
77 DILAP	R00000	02300	0000	02155	E.	H 0000	02000	0970	02424
77 UJK	R 0000	02400	0000	02269	CHND3	H 0000	02100	070C	02402
77 FACUL	R 0000	02500	0000	02383	FACUL	H 0000	02200		
77 HCHL	R 0000	02600	0000	02497	DATE	4 0000	02300		
77 VALN	R 0000	02700	0000	02611	DEACT	4 0000	02400		
77 NCHEN	I 0000	02800	0000	02725	I	I 0000	02500		
77 JJ	I 0000	02900	0000	02839	M	I 0000	02600		
77 ICAPA	R 0000	03000	0000	02953	NO	I 0000	02700		
77 AP	R 0000	03100	0000	03067	APA	4 0000	02800		
77 APJ	R 0000	03200	0000	03181	NUHAT	I 0000	02900		

77 FATH-0000 4 UNOFF VAN NAME IS LOCATED BY OF IN MAP
 77SYS-3130 1 UNLAP MODULE'S MAIN STORAGE SIZE IS
 30894 DECIMAL
 77SYS-3131 1 1000 IS THE STATE CONTROL ADDRESS OF THIS MODULE
 77SYS-3132 1 THE 3000-VE-LAY MAIN STORAGE SIZE IS
 31947 DECIMAL
 77SYS-3134 1 UNLAP MODULE IS CATALOGED AS A LOAD NUMBER
 1005 IS THE LIBRARY NAME
 77 110 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTIONS

```

JOB5 MEMBER DATE 02/01/79 TIME 19.09
TYPE NAME DISK ADDR TOTAL NIN TEXT/RECORD ATTRIBUTES LINK ADDR/NUM STMT RLD DISP ENTRY ADDR PROG SIZE MRT LEVEL
S DRDR1 174951/02AB03 4/0004 96/60 00000000 38/0026

```

```

?? IBM SYSTEM/34 FORTRAN IV RELEASE 03 01/09/70 23:00
?? 000 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION
??
?? 409 DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER
??

```

```

*PROCESS OBJECT(P,LIB(005))
SUBROUTINE DRDR1(NOFEN,ENDND)
C
C ESTA SUBROUTINA DROCNAMA LOS DATOS DE LOS CONDUCTORES EN
C ORDREN ASCENDENTE SEGUN EL NUMERO DE CONDUCTOR
C

```

```

COMMON RES(20),XEQ(20)
INTEGER*2 CNND(20),T1
N1=NOFEN-1
DO 20 I=1,N1
M=CNND(I)
K=I+1
DO 20 J=K,NOFEN
IF(M.LL.CNND(J)) GO TO 20
T1=CNND(J)
T1=RES(J)
CNND(J)=M
RES(J)=T1
M=T1
RES(I)=M
XEQ(I)=T1
20 CONTINUE
RETURN
END

```

```

??SYS-3133 I DRDR1 MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER
??
?? 1005 IS THE LIBRARY NAME
?? 4 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTIONS
?? 020 CATEGORY NUMBER
??SYS-3135 I DRDR1 MODULE'S CODE LENGTH IS
?? 409 DECIMAL

```

TOOS MEMBER DATE 82/01/29 TIME 19:08

TYPE NAME DISK ADDR TOTAL NUM IEXT/RECORD ATTRIBUTES LINK ADDR/NUM STMT RLD DISP ENTRY ADDR PROG SIZE MRT LEVEL

S DR042 174855/02A007 9/0009 96/60 0000000 73/0049 6

?? IUM SYSTEM/J4 FURTHAN IV RELEASE 03 01/08/75 21:43

?? 001 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION

?? 4 WAS THE HIGHEST SEVERITY

?? 722 DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER

??

*PROCESS OBJECT(9,LEI(1005)),N)SOURCE, *SMALI,MAP

SUBROUTINE DR042

C

C ESTA SUBROUTINA ORDENARA LOS DATOS DE LAS ESTACIONES

C EN ORDEN DESCENDENTE,SEGUN LOS NUMEROS DE LAS ESTACIONES

C

GLOBAL TIPOL(40),CARGL(40)
COMMON RES(40),ALU(20),NOLST,EST(40,7),CND(40),TIPOL(40),CARGA(40),

*DIST(40)

INTEGER*2 EST,CND,TIPO,TIPOL,BLANC

DATA BLANC/1,1

K=NOLST-1

DO 150 J=1,K

I1=I*1

DO 150 J1=1,NOLST

DO 110 L=1,6

IF(EST(I,L)-EST(J1,L)) 100,110,150

110 CONTINUE

IF(EST(J1,7).EQ.BLANC) GO TO 150

IF(EST(I,7).EQ.BLANC) GO TO 100

IF(EST(I,7).GE.EST(J1,7)) GO TO 150

100 DO 145 LIT=1,7

INT=EST(I,LIT)

EST(I,LIT)=EST(J1,LIT)

EST(J1,LIT)=INT

145 CONTINUE

IN1=CND(I)

IN2=TIPO(I)

IN3=TIPOL(I)

TJ=CARGL(I)

T1=CARGA(I)

T2=DIST(I)

CND(I)=CND(J1)

TIPO(I)=TIPO(J1)

CARGA(I)=CARGA(J1)

DIST(I)=DIST(J1)

TIPOL(I)=TIPOL(J1)

CARGL(I)=CARGL(J1)

CND(J1)=IN1

TIPO(J1)=IN2

CARGA(J1)=T1

DIST(J1)=T2

TIPOL(J1)=IN3

CARGL(J1)=TJ

150 CONTINUE

RETURN

END

?? VARIABLE ALLOCATION MAP

?? NAME AT HEX1 DECI HEX2 DEC2 NAME AT HEX1 DECI HEX2 DEC2

?? TIPOL HG 0000 00000 004F 00079 CARGL 46 0050 00080 001F 00139

?? RES RCU0000 00000 004F 00079 NLO HCU0050 00080 001F 00139

?? NOLST ICU00A0 00160 EST HC 00A4 00164 001F 00223

?? CND HC 0074 00224 0023 00093 TIPO HC 0024 00084 001F 00143

?? CARGA RC 0374 00094 0413 01043 K I 0008 00008

?? BLANC H 0005 00005 L I 0010 00016

?? I I 000C 00012 INT I 0020 00032

?? J1 I 0014 00020 L I 0018 00024

?? LIT I 001C 00028 INT I 0028 00048

?? IN1 I 0024 00036 IN2 I 0028 00048

?? INJ I 002C 00044 T3 R 0030 00048

?? TI R 0034 00052 T2 R 0038 00056

?? FORT-0098 4 UNDEF VAR NAME, INDICATED BY 'J' IN MAP

??SYS-3133 I DR042 MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER

?? TOOS IS THE LIBRARY NAME

?? 4 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTIONS

?? 020 CATEGORY NUMBER

??SYS-3133 I DR042 MODULE'S CODE LENGTH IS

?? 722 DECIMAL

IOUS MEMBER DATE 82/01/29 TIME 19.09

TYPE	NAME	DISK ADDR	TOTAL	NUM	TEXT/RECORD	ATTRIBUTES	LINK	ADDR/NUM	STMT	RLD	DISP	ENTRY	ADDR	PROG	SIZE	MRT	LEVEL
------	------	-----------	-------	-----	-------------	------------	------	----------	------	-----	------	-------	------	------	------	-----	-------

S	GRAD0	174807/02AA07	670006	96760		09000000		3970027									6
---	-------	---------------	--------	-------	--	----------	--	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	---

?? IBM SYSTEM/34 FORTRAN IV RELEASE 31 61708728 27:15

?? 001 TOTAL LINES FOR THIS COMPILATION

?? A HAS THE HIGHEST SEVERITY

?? 1VS DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER

??

PROCESS MAP,CONST,OBJECT(LIB(1005)),NOSOURCE,NOMALT
SUBROUTINE GRAD0

C ESTA SUBROUTINA CALCULARA EL NIVEL DE CADA ESTACION

C COMMON RES(20),X(20),NDELST,ESTEAD(7),CND(40),TIPO(40),CARGA(40),
*DIST(40),NIVEL(40)
INTEGER*2 EST,CND,TIPO

C DO 120 I=1,NDELST
DU 100 J=2,6
K=J-1
IF(EST(I,J)) 100,110,100

100 CONTINUE

110 NIVEL(I)=K

120 CONTINUE

RETURN

END

?? VARIABLE ALLOCATION MAP

?? NAME	AT	HEX1	DEC1	HEX2	DEC2	NAME	AT	HEX1	DEC1	HEX2	DEC2
---------	----	------	------	------	------	------	----	------	------	------	------

?? RES	RCU0000	0000	004F	0007F		K=0	RCU0050	0030	009F	00159	
--------	---------	------	------	-------	--	-----	---------	------	------	-------	--

?? NDELST	ICU0040	0410				EST	HCJ0344	001A	07C3	00723	
-----------	---------	------	--	--	--	-----	---------	------	------	-------	--

?? CND	HCU0204	0074	0323	00903		TIPO	RCU0324	0004	0373	00483	
--------	---------	------	------	-------	--	------	---------	------	------	-------	--

?? LARGA	RCU0374	0054	2413	01043		SIET	RCU0414	01044	04H3	01203	
----------	---------	------	------	-------	--	------	---------	-------	------	-------	--

?? NIVEL	IC 0434	01204	0593	01353		I	I	0099	0700		
----------	---------	-------	------	-------	--	---	---	------	------	--	--

?? J	I 0004	03010				K	I 000E	07014			
------	--------	-------	--	--	--	---	--------	-------	--	--	--

?? FORT-0078 A UNDER VAR NAME INDICATED BY * IN MAP

??SYS-3133 I GRAD0 MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER

?? IOUS IS THE LIBRARY NAME

?? 3 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTIONS

?? 020 CATEGORY NUMBER

??SYS-3135 I GRAD0 MODULE'S CODE LENGTH IS

?? 1VS DECIMAL

T005 MEMBER DATE 87/01/29 TIME 19.09

TYPE	NAME	DISK ADDR	TOTAL	NUM TEXT/RECORD	ATTRIBUTES	LINK ADDR/NUM STMT	RLD DISP	ENTRY ADDR	PROG SIZE	MRT LEVEL
S	DESTA	174798702AAC	570000	96760	00000000	43/0028				6

?? IBM SYSTEM/34 FORTRAN IV RELEASE 01 R1700/23 22:09

?? 001 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION
 ?? 4 WAS THE HIGHEST SEVERITY
 ?? 235 DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER

PROCESS MAP:GDSTMT,OBJECT(=LIB(T005)),NUSOURCE,NOHALT
 SUBROUTINE DESTA

C ESTA SUBROUTINA CALCULARA LAS DISTANCIAS ENTRE CADA
 C ESTACION Y LA SUBESTACION

COMMON RES(20),XEQ(20),NDEST,EST(40),CND(40),TIPD(40),CARGA(40),
 *DIST(40),NIVEL(40),OSUB(40)
 INTEGER*2 EST,CND,TIPD

C
 DD 120 IF1,NDEST
 DS*0
 NIV=NIVEL(I)
 DO 110 JF1,NDEST
 IF(NIV-NIVEL(J)) 110,100,100
 100 NIV=NIVEL(J)
 DS=DS+DIST(IJ)
 110 CONTINUE
 OSUB(I)=DS
 120 CONTINUE
 RETURN
 END

?? VARIABLE ALLOCATION MAP

?? NAME	AT	HEX1	DEC1	HEX2	DEC2	NAME	AT	HEX1	DEC1	HEX2	DEC2
?? RES	RCU0000	J300	704F	00079	2E0	RCU0053	00040	007F	00159		
?? NDEST	ICU07A3	00160			EST	RCU00AA	001A4	0253	00723		
?? CND	HCUG224	00724	0323	00803	TIPD	RCU0324	00804	0373	009A3		
?? CARGA	RCJ0374	008A4	0A13	010A3	DI5I	RCU0414	010A4	0A83	01203		
?? NIVEL	ICU0414	01204	0553	013A3	OSUB	RC 0554	013A4	05F3	01523		
?? I	I 0006	00206			DS	R 000A	00010				
?? NIV	I 000F	00014			J	I 0012	00019				

?? FORT-0098 4 UNDEF VAR NAME, INDICATED BY '*' IN MAP
 ??SYS-3133 I DESTA MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER

?? T005 IS THE LIBRARY NAME
 ?? 3 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTIONS
 ?? 020 CATEGORY NUMBER
 ??SYS-3135 I DESTA MODULE'S CODE LENGTH IS
 ?? 235 DECIMAL

T005 MEMBER DATE 82/01/29 TIME 19.10

TYPE	NAME	DISK ADDR	TOTAL	NUM TEXT/RCOD	ATTRIBUTES	LINK ADDR/NUM STMT	RLO DISP	ENTRY ADDR	PROG SIZE	MRT LEVEL
S	RAMAL	174874/02A01A	8/0008	96/40	00000000	63/003F				6

77 IBM SYSTEM/3A FORTRAN IV RELEASE 03
 77 001 TOTAL LENGTHS FOR THIS COMPILATION
 77 4 WAS THE HIGHEST SEVERITY
 77 440 DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER

77
 77 PROCESS MAP, OBJECT(=LIB(1005)), NOSOURCE, INITIAL
 77 SUBROUTINE RAMAL

C
 C ESTA SUBROUTINA DETERMINA
 C PRIMERO, EL NUMERO DE RAMALES DEL SISTEMA
 C SEGUNDO, LA PRIMERA Y LA ULTIMA ESTACION EN CADA RAMAL

C
 C COMMON N(5120),AF(120),NOL(512),EST(40,*),CND(40),TIP(40),CARGA(40),
 C *DIST(40),NIVEL(40),DSUB(40),NRAM,PRIM(7),ULTIM(7)
 C INTEGER*2 EST,CND,TIPU,PRIN,ULTIN

C
 C DO 10 NRAM=1,7
 C NRAM=NRAM
 C DO 20 M=1,NUEST
 C IF(NRAM=EQ,NIVEL(M)) GO TO 10

20 CONTINUE
 C NRAM=NRAM-1
 C GO TO 10
 C CONTINUE

C
 15 PRIM(1)=NUEST
 C ULTIM(1)=1
 C DO 25 K=2,NRAM
 C NIV=K1
 C DO 30 K=1,NUEST
 C IF(NIV=NE,NIVEL(K)) GO TO 30
 C ULTIM(K)=K
 C GO TO 40
 C CONTINUE

30 M=0
 C DO 50 L=1,NUEST
 C IF(NIV=NE,NIVEL(L)) GO TO 50
 C M=M+1
 C CONTINUE
 C PRIM(K)=ULTIM(K)+M-1
 25 CONTINUE

C
 C RETURN
 C END

77 VARIABLE ALLOCATION MAP

77 NAME	AT HEX1	DEC1	HEX2	DEC2	NAME	AT HEX1	DEC1	HEX2	DEC2
77 RCS	RC0000	0000	0C4F	0007	XCJ	HC0050	0000	004F	0010
77 NOLST	IC00A0	00160			EST	HC00A4	00164	00D3	0072
77 CND	HC0024	00724	0323	00603	TIPU	HC00374	00604	0373	00983

77 CARGA	HC00374	00984	0413	01043	DIST	HC00414	01044	04B1	01203
77 NIVEL	IC00A04	01204	0553	01363	DSUB	RC00554	01364	05F3	01523
77 NRAM	IC 05F4	01524			PRIM	HC 05F8	01528	0505	01541
77 ULTIM	HC 0006	01542	0613	01555	NRAM	I 0006	00006		
77 M	I 000A	00010			K1	I 003F	00014		
77 NIV	I 0012	00018			K	I 0016	00022		
77 L	I 001A	00026							

77 FORT=0098 4 UNDEF VAR NAME INDICATED BY * IN MAP
 77SYS-3133 I RAMAL MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER
 77 T005 IS THE LIBRARY NAME
 77 5 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTORS
 77 020 CATEGORY NUMBER
 77SYS-3135 I RAMAL MODULE'S CODE LENGTH IS
 77 440 DECIMAL

T005 MEMBER DATE 87/01/22 TIME 19.13

TYPE NAME DISK ADDR TOTAL NUM TEXT/RECORD ATTRIBUTES LINK ADDR/NUM STMT RLD DISP ENTRY ADDR PROG SIZE MFT LEVEL

S CORR 17478670244C2 7/007 96/60 00000000 44/302C 6

?? IBM SYSTEM/34 FORTRAN IV RELEASE '03 81/08/25 22:48

?? 001 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION

?? 4 WAS THE HIGHEST SEVERITY

?? 245 DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER

??

PROCESS MAP:GOVTNT,OBJECTIN,LIU(T005),NUSOURCE,NDHALT

SUBROUTINE CORR

C ESTA SUBROUTINA CALCULARA LA CARGA ESTAD CORRELADA EN CADA ESTACION

C

COMMON RES(120),K5(120),N0,ST,LS(40,7),CND(140),TIP(140),CARGA(140),

*DIST(40),NIVEL(40),SUT(140),NRAM,PR(147),ULT(47),TCARGA(40)

INTEGER*7 EST,CND,TIP,PR,ULTIM

C

DO 130 I=1,NJEST

TC=0

DO 120 J=1,I

IF (NIVEL(J)-NIVEL(I)) 120,100,130

100 KK=TIP(J)

GJ=I0(10,110,120),KK

110 TC=TC+CARGA(J)

120 CONTINUE

130 CONTINUE

RETURN

END

?? VARIABLE ALLOCATION MAP

?? NAME AT HEX1 JEC1 HEA2 DEC2 NAME AT HEX1 DEC1 HXA2 DEC2

?? RES PC0000 0000 004F 0074 XLD HC0050 0000 004F 00109

?? N0LST I00000 00100 EST HC000A 0010A 0001 00703

?? CND HC0024 00724 0023 00603 TIPJ HC0024 00604 0173 00963

?? CARGA RC00374 00034 0413 01043 DIST HC00414 01041 0413 01203

?? NIVEL I000414 01204 0543 01343 TSD0 HC00554 01344 05F3 01523

?? NRAM I00054 01524 PRM HC005F6 01576 0605 01941

?? ULTIM HC0066 01942 1613 01655 TCARG HC 0614 01556 0601 01715

?? I I 0006 00006 TC R 0004 00010

?? J I 000F 00014 KK I 0012 00018

?? FORT-0008 4 UNDEF VAR NAME, INDICATED BY '*' IN MAP

??SYS-1113 I CORR MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER

?? T005 IS THE LIBRARY NAME

?? 3 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTIONS

?? 020 CATEGORY NUMBER

??SYS-3115 I CORR MODULE'S CODE LENGTH IS

?? 245 DECIMAL

TODS MEMBER DATE 02/01/79 TIME 19.15

```

TYPE NAME DISK ADDR TOTAL N#M TEXT/RECORD ATTRIBUTES LINK ADDR/NUM STMT RLD DISP ENTRY ADDR PROG SIZE MRT LEVEL
S SALE 174982/04A022 15/000F 96/60 00000000 66/0056
?? IUM SYSTEM/3A FORTRAN IV RELEASE 03 01/08/78 23:17
?? 001 TOTAL LINES FOR THIS COMPILATION
?? A WAS THE HIGHEST SEVERITY
?? 15VI DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER
??
PROCESS MAP,005TMT,0001CTER,00010001,005SOURCE,00HALT
SUBROUTINE SALE(00AS,ND)
C
COMMON REJ(20),FEJ(20),NOJST,EST(40,7),CNO(40),TIPO(40),CARGA(40),
+DIST(40),NIVEL(40),DSUP(40),NHAN,PR4(7),ULTI(7),TCARG(40),FACU,
+CAIDA(40),CDOSUP(40),VULTS(40),VUBJ,FACU(40),REGUL(40),FACPE
+ACCA,PR4(7),NOCAP(7),MUCAT,UNDI,ENDEC
+INTEG(40),EST,CNO,TIPO,NHAN,ULTI,NOCAP
C
WRITE(3,200) FACPO,FACU,BASF
IF(ND.EQ.2) GO TO 500
WRITE(3,610)
GO TO 700
600 IF(NOCAT.NE.0) GO TO 610
WRITE(3,620)
GO TO 700
630 WRITE(3,630)
700 WRITE(3,200)MUCAT,UNDI
DU 300 I=1,NJEST
NANJEST=1-I
WRITE(3,330)I,ESTEN,M,FEJ(7),I,01ST(EN),DSUP(EN),CAIDAINI,CDOSUP(EN),
+VULTS(EN),CARGA(EN),REGUL(EN)
CONTINUE
IF(ND.EQ.2) GO TO 400
WRITE(3,410)
GO TO 500
400 IF(INJCAT.NE.0) GO TO 430
WRITE(3,420)
GO TO 500
430 WRITE(3,430)
500 INDICE=1
C
RETURN
200 FURMAT(10,20X,'FACTOR DE POTENCIA **F5,3,20X,'FACTOR DE UTILIZAC
+ION **F5,3,239A,'VOLTIAJE BASE **F6,0,4X,'VOLTIOS**?)
220 FURMAT(2X,'NOMBR DE LA**X,'DISTANCIA EN RE**7X,'DISTANCIA A LA**
+X,'CAIDA DE VOLTIAJE**6X,'CAIDA A LA**7X,'VOLTIAJE**4X,'CARGA**4X,
+X,'REGULACION**7X,'ESTACION**6X,'ESTACIONES (1**42,11,7X,'SURESTAC
+ION (1**42,11,7X,'BAL**VOLTIOS**11X,'SOPRESTACION**5X,'VOLTIO**4X,
+X**?)
330 FURMAT(12,12,211,'**311,A1,1X,12,F17,2,F20,2,9X,F15,3,5X,F11,1,
+9X,F8,2,2X,F7,2,4X,F7,1,7)
410 FURMAT(14,17X,20(19**),'* GRAFICO ANTES DE USICAR BANCOS DE CAPACIT
+OR DE FIJOS *20(19**))
420 FURMAT(14,17X,20(19**),'* GRAFICO SIN CAPACITORES FIJOS-ANTES DE UB
+ICAR CAPACITORES AUTOMATICOS *20(19**))
450 FURMAT(14,17X,20(19**),'* GRAFICO CON CAPACITORES FIJOS-ANTES DE UB
+ICAR CAPACITORES AUTOMATICOS *20(19**))
610 FURMAT(27,17X,20(19**),'* RESULTADOS ANTES DE USICAR BANCOS DE CAPACI
+TORES FIJOS *20(19**))
620 FURMAT(27,17X,20(19**),'* RESULTADOS SIN CAPACITORES FIJOS-ANTES DE U
+BIAR CAPACITORES AUTOMATICOS *20(19**))
650 FURMAT(27,17X,20(19**),'* RESULTADOS CON CAPACITORES FIJOS-ANTES DE U
+BIAR CAPACITORES AUTOMATICOS *20(19**))
END
?? VARIABLE ALLOCATION MAP
?? NAME AT HEX1 DEC1 HEX2 DEC2 NAME AT HEX1 DEC1 HEX2 DEC2
?? NAME R 0006 0006 NG I 000A 0010
?? NPS RCU0000 0000 004F 00079 XED RCU0050 0000 004F 00159
?? NIVST ICU0000 00100 EST RCU00A4 001A4 0017 00771
?? CNO HCU0024 00724 0323 00803 TIPO RCU0324 00604 0373 00983
?? CARGA RCU0374 00704 0413 01043 DIST RCU0414 01044 0413 01203
?? NIVEL ICU0404 01204 0543 01363 DSUP RCU0544 01344 05F3 01523
?? NHAN ICU05A4 015A4 PWR RCU05F8 01728 05F5 01641
?? ULTIM HCU0606 01642 0613 01655 TCARG RCU0614 01656 0633 01715
?? FACU1 RCU0604 01716 CAIDA RCU0619 01720 07F7 01879
?? CDOSU RCU0753 01360 07F7 02039 VULTS RCU07F8 02040 0897 02149
?? VSUB RCU0843 02200 FACPO RCU089C 02204
?? CD4R2 RCU07A0 02208 093F 02367 REGUL RCU0940 02368 09DF 02527
?? FACU2 RCU09E0 02428 FACCA RCU09E4 02532
?? PR41 RCU09E3 02536 0A03 02563 MUCAT RCU0A04 02564 0A11 02577
?? MUCAT ICU0A12 02574 UNDI RCU0A16 02582
?? INDI1 IC 0A14 02586 I I 000F 00014
?? N I 0012 00018 M I 0016 00022
?? FORT-0078 A UNDEF VAR NAME,INDICATED BY**? IN MAP
??SYS-1133 I SALE MURULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER
??
?? IS THE LIBRARY NAME
??
?? 11 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTIONS
??
?? 020 CATALOGY NUMBER
??SYS-1133 I SALE MURULES CODE LENGTH IS
??
?? 15VI DECIMAL

```


T005 NUMBER DATE 82/01/29 TIME 19.12

TYPE NAME DISK ADDR TOTAL NUM TEXT/RECORD ATTRIBUTES LINK ADDR/NUM STMT PLO DISP ENTRY ADDR PROG SIZE MRI LEVEL

S ARCAR 174738/924492 5/0005 96/50 00000700 50/0012 6

?? IBM SYSTEM/34 FORTRAN IV RELEASE 03 81/09/28 19:56

?? 000 TOTAL LINES FOR THIS COMPILATION

?? 368 DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER

PROCESS MAP:005INT,005LCTE+LIG(1005)1+050000L+005LCTE

SUBROUTINE ARCA(VEAJ,VIC,VERT,BIAS,IN,ARRAY)

C LISTA SUBROUTINA CARGADA LA TABLA APRAY CON LA

C LETRA ** EN LOS ESPACIOS CONECTOS

C INTEGRAL X.ARRAY(100)
DATA 47**7

C VA(VEAJ-BIAS)*POW*0.5
IV=II*(V)
V=([VEAJ+VIC)-BIAS]*POW*0.50
INC=I*(V)

C IF(IV.EQ.INC) GO TO 250
IF(IV.LT. 210.720.220

210 MI=INC
M2=IV-1
ARRAY(M2)=X
GO TO 230

220 MI=IV+1
M2=INC
ARRAY(M1)=X
GO TO 230

250 ARRAY(INC)=X

C
230 RETURN
END

?? VARIABLE ALLOCATION MAP

?? NAME AT HEX1 DEC1 HEX2 DEC2 NAME AT HEX1 DEC1 HEX2 DEC2

?? VAJ R 0006 0006 VIC R 000A 0010

?? VERT R 000F 0014 BIAS R 0012 0018

?? POW R 0016 0022 ARRAY M 001A 0025 001B 0027

?? X M 001C 0028 V W 001E 0030

?? IV I 0022 0034 INC I 0026 0035

?? MI I 002A 0042 M2 I 002E 0046

??SYS-3133 I ARCAR MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER

?? T005 IS THE LIBRARY NAME

?? 4 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTIONS

?? 020 CATEGORY NUMBER

??SYS-3133 I ARCAR MODULE'S CODE LENGTH IS

?? 368 DECIMAL

T005 MEMBER DATE 02/01/79 TIME 19.10

TYPE NAME DISK ADDR TOTAL NUM TEXT/RECORD ATTRIBUTES LINK ADDR/NUM STMT RLD DISP ENTRY ADDR PROG SIZE CRT LEVEL

S PARAM 174964/02A010 10/000A 96/60 00000000 61/0030 6

77 IBM SYSTEM/34 FORTRAN IV RELEASE 01
77 001 TOTAL LOC'S FOR THIS COMPILATION 61709/01 00119
77 * AS THE HIGHEST SEVERITY
77 378 DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER

PROCESS MAP OBJECTS (LIBRARY T005) IN SOURCE MODULE
SUBROUTINE PARAMETER (E, D, Z, PORCE)

C
C LOCAL TIPOL(40), CARGL(40), CNR1(40)
COMMON H(5120), X(5120), NDEST(40), CNL(40), TIPU(40), CARGA(40),
* DIST(40), NIVL(40), DSUB(40), NRAM(40), ULI(40), TCARG(40), FACUF,
* CAIDA(40), CDSUB(40), VULTS(40), VSUB(40), CDR2(40), RLGAL(40), FACPL
* FACCA(40), PRX(40)
C INTCGR2 EST, CNL, F, PG, TIPOL, PRM, ULTIM
C DIMENSION E(27), DD2(7)

C LISTA SUBROUTINA CALCULARA LOS PARAMETROS NECESARIOS

C
C
C DD 100 IF1=NRAM
C NP=PRM(1)
C NPULTIM(1)
C E1=VULTS(NU)
C PORCE=VSUB(1)+PORCE
C E2(1)=ABS(E1-PORCE)
C KI=CN(NU)
C DHYX=RES(KI)/X(KI)
C BIPI=CDR1(1)/CDR2(NP)
C PRX(1)=DHYX*BIPI
C DD2(1)=1-VULTS(NU)/VSUB
100 CONTINUE
C RETURN
C END

77 VARIABLE ALLOCATION MAP

77 NAME	AT	HEX1	DEC1	HEX2	DEC2	NAME	AT	HEX1	DEC1	HEX2	DEC2
77 E2	R	0006	00006	0007	00007	DD2	R	0298	00009	0009	00009
77 PORCE	R	000A	00010			TIPUL	RGU0000	00000	004F	00079	
77 CARGL	RGU0050	00080	00080	00EF	0023F	CNR1	RGU00F0	00240	018F	00379	
77 RES	RGU0000	00000	004F	00079		XL0	RGU0050	00050	004F	00159	
77 NDEST	RGU00A0	00160				EST	RGU00A4	00164	0233	00723	
77 CNL	RGU003A	00724	0326	00803		TIPU	RGU0037A	00804	0373	00483	
77 CARGA	RGU0037A	00584	0413	01043		DEST	RGU00414	01044	0403	01203	
77 NIVL	RGU0048A	01204	0553	01353		DSUB	RGU0055A	01354	05F3	01523	
77 NRAM	RGU0057A	01524				PRM	RGU0057F	01528	0605	01541	
77 ULI	RGU00606	01542	0613	01595		TCARG	RGU00614	01556	0683	01715	
77 FACUF	RGU0060A	01716				CAIDA	RGU0067B	01720	0757	01879	
77 CDSUB	RGU0075B	01880	07F7	0203F		VULTS	RGU0077F	02040	0847	02199	
77 VSUB	RGU0079	02200				FACPO	RGU0079C	02204			
77 CDR2	RGU008A0	02208	093F	02367		RLGAL	RGU007A0	02356	09DF	02527	
77 FACPL	RGU0090	02528				FACCA	RGU007E4	02532			

77 PRX1	RC	09L9	02536	0A93	02563	I	I	000E	00014		
77 NP	I	0012	00019			NU	I	0016	00022		
77 E1	R	001A	00026			PORCE	R	001E	00030		
77 KI	I	0022	00034			DHYX	R	0026	00039		
77 BIPI	R	002A	00042								

77 FORT-0098 A UNDEF VAR NAME INDICATED BY * IN MAP
77SYS-3133 I PARAM MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER
77 T005 IS THE LIBRARY NAME
77 4 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTORS
77 020 CATEGORY NUMBER
77SYS-3135 I PARAM MODULE'S CODE LENGTH IS
77 378 DECIMAL

T005 MEMBER DATE 07/01/79 TIME 19.17

TYPE NAME DISK ADDR TOTAL NUM TEXT/BLK/CURD ATTRIBUTES LINK ADDR/NUM STMT BLD DISP ENTRY ADDR PROG SIZE WRT LEVEL

S NUCCO 174941/02AA9 107000 96/60 0000000 60/003C

?? 10K SYSTEM/3A FORTRAN IV RELEASE 01 01/08/78 1935
?? 001 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION
?? * HAS THE HIGHEST SEVERITY
?? 308 DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER

PROCESS MAP:001,INT.OBJECTIVE:LEI00531,NO.SOURCE:00HALT
SUBROUTINE: NUCCO(174941,02AA9)

C ESTA SUBROUTINA DETERMINARA EL NUMERO DE BANCOS DE CAPACITORES

C
COMMON /RST(20),X(0120),H(01),EST(40),F(3),CND(140),TIP(40),CARGA(40),
*DIST(40),REVP(40),D(50),E(40),*N(40),P(10),ULT(40),TCARG(40),FACUT,
*CALDA(40),CDSU(40),VOLTS(40),V(50),FACD,CURR(40),H(01),F(01),FACPE
*FALCA,PHXI(7),NUCAP(7),*GCAT
INTEGER*7 EST,CND,TIP,P(10),ULT(40),NUCAP
DIMENSION E(217),D(217)

C
NUCAP(0)
DO 25 N(1),N(40)
IF (P(01) .EQ. 0214) GO TO 15
DO 20 N(1),50
NUCAP(N)=
NUCAP=NUCAT+NUCAP(N)
X(01)=24411882
D(1)=X(01)/24411882
D(2)=D(1)*N(1)
IF (D(2) .GE. 2414) GO TO 25
20 CONTINUE
GO TO 25
15 NUCAP(N)=0
25 CONTINUE
RETURN
END

?? VARIABLE ALLOCATION MAP

?? NAME	AT	HEX1	DEC1	HEX2	DEC2	NAME	AT	HEX1	DEC1	HEX2	DEC2
?? E2	R	0006	0006	0007	0007	DO2	R	0004	0003	0009	0009
?? PHXC	P	000A	0010			PHS	HC0000	0000	004F	0079	
?? XE	RC0000	0000	0000	0015		NUEST	IC0000	0010			
?? EST	HC0000	0100	0200	0073		CND	HC0000	0070	0121	0000	
?? TIPD	HC0010	0000	0273	0043		CARVA	HC0010	0000	0413	0104	
?? DIST	RC0000	0100	0413	0103		NIVEL	IC0000	0100	0503	0100	
?? USJ	RC0000	0100	0503	0103		N(40)	IC0000	0100			
?? PHM	HC0000	0100	0503	0103		ULT(40)	HC0000	0100	0413	0103	
?? TCARG	RC0000	0100	0503	0103		FACUT	RC0000	0100			
?? CALDA	RC0000	0100	0503	0103		CDSU(40)	RC0000	0100	0707	0203	
?? VOLTS	RC0000	0100	0503	0103		VSUB	HC0000	0200			
?? FACPL	RC0000	0200	0807	0219		CURR(40)	RC0000	0200	090F	0200	
?? RECUR	RC0000	0200	090F	0219		FACPE	HC0000	0200			
?? FALCA	RC0000	0200	090F	0219		PHXI	HC0000	0200	0A03	0200	

?? NUCCO HC 0000 0200 0A03 0200
?? N I 0006 0006
?? XM R 0010 0010
?? D2 R 0010 0010
?? FORT-0070 4 UNDEF VAR NAME, INDICATED BY * IN MAP
??SYS-3133 I NUCCO MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER
?? 1005 IS THE LIBRARY NAME
?? 4 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTIONS
?? 020 CATEGORY NUMBER
??SYS-3133 I NUCCO MODULE'S CODE LENGTH IS
?? 308 DECIMAL

TOOS NUMBER DATE 02/01/79 TIME 19.15

TYPE NAME DISK ADDR TOTAL NPG TEXT/RECORD ATTRIBUTES LINK ADDR/NUM STMT RLD DISP ENTRY ADDR PRG SIZE MRT LEVEL

5 UOICA 17428/024050 1120070 96/60 0000000 69/0045 6

77 IBM SYSTEM/34 FORTRAN IV RELEASE 03 01/08/78 19:57

77 001 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION

77 4 WAS THE HIGHEST SEVERITY

77 524 DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBLR

77

00PHCES MAP,GGSTMT,OBJECT,LIB,IT005,IN,NOUSOURCE,NOHALT

SUBROUTINE UOICATCAP1

C ESTA SUBROUTINA DETERMINARA LA DISTANCIA Y CAPACIDAD OPTIMA DE LOS BANCOS DE CAPACITACION

GLOBAL TIPOL(40),CARGA(40),CORR(40),NOME(7,60),CAPA(7,60),COMMON HPS(20),AF(10),NO,ST,EST(40,7),CND(4,0),TIPOL(40),CARGA(40),DIST(40),NOME(40),PNUM(40),NOM,PR(4,7),ULTIM(7),TCARGA(40),FACU,CAIDA(40),CDSUB(40),VULSI(40),VULSI(40),VULSI(40),CORR(40),TCARGA(40),FACU,FACCA,PR(4,7),NOCAP(7),NOCAP(40),INDIC(40),TCARGA(7,60),INTEGER*2 EST,CND,TIPU,TIPOL,PR(4,7),ULTIM,NOCAP,NUME

DO 25 N=1,NOM
KPNOCAP(1)
NPN(1)
NPN(1)
IF (AP,GE,99) GO TO 25
IF (AP,GE,99) GO TO 25
DO 20 M=1,MP
KNT2=KPF1

AS2=MP/M+20*(J,8)*5(1+PR(1)16)ACPL/FACCA*92
DICA(1,4)174050(1)
C37APACCA/M
C0740C30C30(1)
CAPA(1,4)174050(1)
TCAPATCAPA+CAPA(1,4)

20 CONTINUE
25 CONTINUE
RETURN
END

77 VARIABLE ALLOCATION MAP

77 NAME AT HX1 DEC1 HFX2 DFC2 NAME AT HX1 DEC1 HFX2 DFC2
77 TCAPA R 0006 00006 TIPOL HC0000 00000 004F 00079
77 CARGL RC00050 00000 07F7 0239 CORR1 HC0000 00240 018F 00199
77 NOME IS00170 00100 0477 01219 CAPA RG 0430 01240 0107 02919
77 NLS RC00050 00100 004F 00079 K12 HC0000 00000 004F 00159
77 NDESI IC00040 00140 EST HC00044 00164 0703 00723
77 CND HC00024 00724 0323 00803 TIPU HC00024 00804 0171 00843
77 CANGA RC00074 00763 0412 01043 DIST HC00014 01043 0443 01203
77 NVAL IC00044 01204 0553 01353 CDSUB HC00054 01354 05F3 01523
77 NRAM IC00054 01524 PR1M HC00058 01528 05F5 01541
77 ULTIM HC00065 01542 0613 01555 TCARG HC00014 01515 0403 01715

77 FICUI RC00084 01716 CAIDA HC0000 01720 0757 01479
77 CDSUB RC00058 01840 07F7 02039 VULES HC00078 02040 04F7 02199
77 VSUB RC00098 02200 FACU HC00090 02204
77 CDRZ RC00080 02208 093F 02357 REGUL HC00080 02363 090F 02527
77 FACPE RC00090 02528 FACLA HC00094 02532
77 PRK1 RC00068 02535 0493 02563 M/CAP HC00044 02564 0411 02577
77 NOCAT IC00042 02578 UNCI RC00010 02582
77 INUL IC00014 02586 DICA7 HC 041F 02590 1040 04269
77 N I 0004 00010 KP I 0006 00014
77 NP I 0012 00014 NU I 0016 00022
77 H I 0013 00024 XM R 001F 00030
77 A R 0022 00034 C3 R 0026 00038
77 CDRZ R 002A 00042

77 001-0098 4 UNOFF VER NAME, INDICATED BY *U* IN MAP

77SYS-3133 I UOICA MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER

77 TOOS IS THE LIBRARY NAME

77 5 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTIONS

77 020 TA COPY NUMBER

77SYS-3135 I UOICA MODULE'S CODE LENGTH IS

77 524 DECIMAL

T005 MEMBR DATE 02/01/79 FIL 17.13

TYPE NAME DISK ADDR TOTAL NUM TEXT/PRG/COD ATTRIBUTES LINK ADDR/NUM STMT RLD DISP ENTRY ADDR PROG SIZE MRT LEVEL

5 CHEG 174743202AA77 117000 9670 0000000 670045

?? IGM SYSTEM/34 BURJAN IV RELEASE 03 01/00/79 21:03

?? 001 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION

?? 4 445 THE HIGHEST SEVERITY

?? 422 DECIMAL IS THE CODE LENGTH OF THE SUBROUTINE MEMBER

??

PROCLSS *AP*G01*MT*SUBJECT*ELI*E005*} *NO\$JUNC* } *J*ALT

 SUBROUTINE CHEG

C ESTA SUBROUTINA INDICARA LA ESTACION EN LA CUAL DEBERA SER CONECTADO

C EL BANCO DE CAPACITORES

C

 GLOBAL TIPOL(40),CARGA(40),CORRI(40),VOLT(7,60)
 COMMON HES(20),XFE(20),NO\$C(2),LENO,??,CMRE(40),TIPOL(40),CARGA(40),
 *DISTE(40),NIVEL(40),OSUB(40),NRAM,PRIME(7),ULTIME(7),TCARG(40),FACUT,
 *CAIDA(40),CDSUB(40),VULTS(40),VSUB,FACPO,CDR(40),REGUL(40),FACPE
 *FACCA,PRXI(7),NUCAP(7),NO\$AT(40),I 40IC,DICAP(7,60)
 INTEGRA\$ EST,CND,TIPO,TIPOL,PRXI,ULTIM,NUCAP,NUME,KK

C

 DO 250 NRI,NRAM

 KPRNUCAP(4)

 IFEXP,EQ(3) GO TO 250

 IFEXP,GE(50) GO TO 250

 NPRPRIME(4)

 NUMULTIME(4)

 DO 150 IRI,KP

 DO 200 NRI,NOLST

 IFINIVLENUM,NO\$NIVEL(4) GO TO 200

 KEDICAP(4,7)ZOSUB(4)

 IFK,NE(12) GO TO 200

 KK=TIPO(4)

 GO TO(210,220,220),KK

210

 TIPO(4)=2

220

 NUME(4,1)=NO\$EST-N*1

 GO TO 150

200

 CONTINUE

150

 CONTINUE

250

 CONTINUE

 RETURN

 END

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??

??


```

080  FORMAT(11/1X,20I5.1)* GRABED DESPUES DE UTILICAR BANCOS DE CAPACI
*TORES AUTOMATICOS SIN CAPACITORES FIJOS *1,20(15.1)
082  FORMAT(//2A)* EL AHORRO DE ENERGIA ES *1,15,4,190BT 1/2AND1/
*40X* CUESTO DE ENERGIA EN 1/2X//2A)* TRELACION DE TIEMPO DE O
*BUALION DE LA CARGA EN UN DIA*)
END

```

VARIABLE ALLOCATION MAP

?? NAME	AT	HEX1	DEC1	HEX2	DEC2	NAME	AT	HEX1	DEC1	HEX2	DEC2
?? NURAT	I	000A	00006			NO	I	000A	00010		
?? APA	R	000E	00014			APD	R	0012	00013		
?? TIPDL	RGU0000	00000	0004F	0007F		CAPUL	RGU0050	00000	000F0	001E0	00230
?? LDR41	RGU0000	00240	010F0	00330		NUME	RGU0100	00400	0407	01210	
?? CAPA	RGU0000	01740	0B97	02410		RLS	RCU0000	00000	004F	00070	
?? AEG	RCU0000	00000	000F	00100		RGFST	ICU0000	00100			
?? LST	RCU0000	00100	0200	00710		CNO	RCU0000	00700	0121	00000	
?? TIPD	RCU0010	00000	0070	00040		CARGA	RCU0010	00000	0010	01040	
?? JIST	RCU0010	01000	0410	01000		LEVEL	ICU0000	01000	0500	01000	
?? US03	RCU0010	01000	0500	01000		NUMA	ICU0000	01000			
?? PRIM	RCU0010	01000	0600	01000		JLTI*	RCU0000	01000	0A10	01000	
?? TCARG	RCU0010	01000	0700	01000		FACUT	RCU0000	01000			
?? CAIDA	RCU0010	01000	0800	01000		CDSU1	RCU0000	01000	0FF0	02000	
?? VOLTS	RCU0010	01000	0900	02100		VSUB	RCU0000	02000			
?? FACD	RCU0010	02000				CUTR2	RCU0000	02000	0000	02000	
?? REGUL	RCU0010	02000	7900	02000		FACPC	RCU0000	02000			
?? FALLA	RCU0010	02000				PAXI	RCU0000	02000	0A00	02000	
?? NUCAP	RCU0010	02000	0A10	02000		NUCAT	ICU0000	02000			
?? JNDI	RCU0010	02000				INDIC	IC 0A10	02000			
?? DICAP	RCU0010	02000	10A0	04000		A	D	0010	00000		
?? B	D	0010	00000			C	D	0020	00000		
?? D	D	0020	00000			E	D	0030	00000		
?? F	D	0030	00000			AE	R	0040	00000		
?? JJ	I	0040	00000			I	I	0040	00000		
?? N	I	0050	00000			M	I	0050	00000		
?? IT	I	0050	00000			IP	I	0050	00000		

```

?? PONT-0098 4 UNDER VAR NAME, INDICATED BY * IN MAP
??SYS-3133 1 3ALID MODULE IS CATALOGED AS A SUBROUTINE MEMBER
?? 1005 IS THE LIBRARY NAME
?? 14 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTORS
?? 020 CATEGORY NUMBER
??SYS-3135 1 3ALID MODULE'S CODE LENGTH IS
?? 2777 DECIMAL

```

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ENRIQUEZ HARPER G - Líneas de Transmisión y Redes de Distribución
Volumen 2 pág. 514 - 602
- 2.- ELECTRICAL WORDL - Junio 22/70 - pág. 36 - 37
- 3.- ELECTRICAL WORDL - Julio 15/74 - pág. 56 - 59
- 4.- KLIMAN A.H.R. - IEEE - Marzo/70 -pág. 11 - 15
- 5.- MUNDO ELECTRICO - Junio/69 - pág. 18 -21
- 6.- MUNDO ELECTRICO - Enero/70 - pág. 14 - 18
- 7.- MUNDO ELECTRICO - Mayo/70 - pág. 32 - 34
- 8.- STEVENSON WILLIAM - Análisis de Sistemas de Potencia 1.977 -pág.
27 - 123
- 9.- VIQUEIRA JACINTO - Redes Eléctricas - Tomo I - Marzo/73 pág. 262
272
- 10.- W.S. K. - IEEE - Diciembre/57 - pág. 891 - 902
- 11.- WESTINGHOUSE - Sistemas de Distribución - 1.965 pág. 203 - 343
- 12.- ZABORSKY.JOHN - RITTENGOUSE - Electric Power Transmission